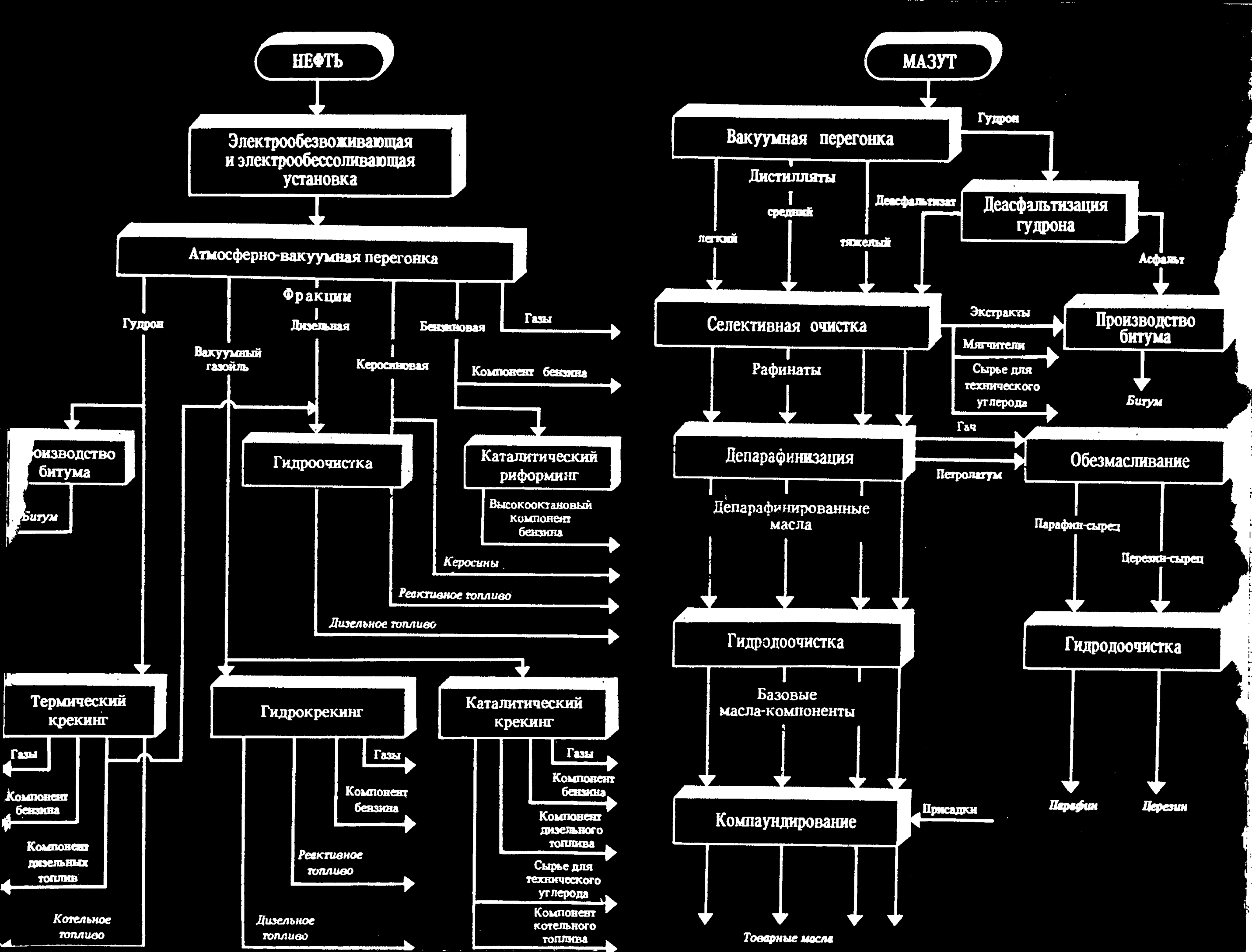
Топлива, смазочные материалы, технические жидкости





НЕФТЬ
Электрообезвоживающая и электрообессоливающая установка
Атмосферно-вакуумная перегонка
Фракции
Гудрон
Вакуумный газойль
Дизельная
Керосиновая
Бензиновая
Газы
Компонент бензина
Производство битума
Битум
Гидроочистка
Каталитический риформинг
Высокооктановый компонент бензина
Керосины
Реактивное топливо
Дизельное топливо
Термический крекинг
Гидрокрекинг
Каталитический крекинг
Газы
Компонент бензина
Компонент дизельных топлив
Котельное топливо
Газы
Компонент бензина
Реактивное топливо
Дизельное топливо
Газы
Компонент бензина
Компонент дизельного топлива
Сырье для технического углерода
Компонент котельного топлива
МАЗУТ
Вакуумная перегонка
Гудрон
Дистилляты
средний
легкий
тяжелый
Деасфальтизат
Деасфальтизация гудрона
Асфальт
Селективная очистка
Экстракты
Мягчители
Сырье для технического углерода
Производство битума
Битум
Рафинаты
Гач
Депарафинизация
Петролатум
Обезмасливание
Депарафинированные масла
Парафин-сырец
Церезин-сырец
Гидродоочистка
Гидродоочистка
Базовые масла-компоненты
Присадки
Компаундирование
Парафин
Церезин
Товарные масла

Топлива, смазочные материалы, технические жидкости

Ассортимент и применение

Справочное издание

Под редакцией *В. М. Школьникова*



МОСКВА
»ХИМИЯ«
1989

ББК 6П7.43
Т 581
УДК 662.75/76:621.892(031)

Авторы: К. М. БАДЫШТОВА, Я. А. БЕРШТАДТ, Ш. К. БОГДАНОВ, Т. И. БОГДАНОВА, С. Б. БОРЩЕВСКИЙ, В. В. БУЛАТНИКОВ, В. К. ГУСЕВ, Е. Е. ДОВГОПОЛЫЙ, Ю. Л. ИЩУК, И. О. КОЛЕСНИК, Н. И. КОРОХ, Н. А. КУЗНЕЦОВ, И. В. ЛЕНДЬЕЛ, Э. Д. МАМЕДОВА, Т. Н. МИТУСОВА, В. Д. РЕЗНИКОВ, Л. Н. ТЕТЕРИНА, А. А. ФУФАЕВ, Г. И. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, Ю. Н. ШЕХТЕР, Б. А. ЭНГЛИН

Т 581 Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справ. изд./К. М. Бадыштова, Я. А. Берштадт, Ш. К. Богданов и др.; Под ред. В. М. Школьникова. — М.: Химия, 1989. — 432 с.: ил.
ISBN 5—7245—0280—1

Приведены краткие сведения о важнейших физических и эксплуатационных свойствах, особенностях применения топлив, масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих жидкостей и других нефтепродуктов. Дан их компонентный состав, рассмотрены процессы получения и методы испытания. Показано влияние основных видов топлива и смазочных материалов на надежность и эффективность эксплуатации техники. Описаны присадки, улучшающие эксплуатационные свойства смазочных материалов. Особое внимание уделено применению консервационных и рабоче-консервационных материалов для защиты от коррозии.

Предназначен для специалистов, занимающихся получением и применением топлива, смазочных материалов и технических жидкостей. Полезен при подготовке кадров различной квалификации, связанных с производством и применением нефтепродуктов.

Т $\frac{2804020200-102}{050(01)-89}$ 102—89 ББК 6П7.43

ISBN 5—7245—0280—1

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ассортимент топлив, смазочных масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических сред, защитных материалов и других продуктов на минеральной и синтетической основах, вырабатываемых Миннефтехимпромом СССР и рядом смежных отраслей промышленности, претерпел за последние годы существенные изменения. Значительное число сортов сняты с производства, организована выработка новых высокоэффективных топлив и смазочных материалов. Накопился большой научный и практический опыт по производству и применению новых нефтепродуктов, которые прошли государственные испытания и допущены к применению Государственной комиссией по испытанию топлив, масел, смазок и специальных жидкостей при Госстандарте СССР. В справочнике приведены показатели качества продуктов, вырабатываемых промышленностью, по состоянию на 1.01.1988 г., за исключением индустриальных масел (для них учтено введение стандарта в 1988 г.).

Авторы ставили себе задачу не копировать государственные и отраслевые стандарты или технические условия, а характеризовать свойства нефтепродуктов наиболее важными показателями, увязать их с составом и областью применения. Для удобства пользования показатели качества ряда однотипных нефтепродуктов объединены в общие таблицы. Сведения по отечественным и зарубежным классификациям топлив и масел помогают определить возможную область применения импортируемых нефтепродуктов и выбрать смазочный материал для импортной техники. Однотипная компоновка глав дает возможность быстро найти нужный раздел.

Ряд разделов справочника содержит результаты научно-исследовательских работ, позволяющих наиболее полно раскрыть состав и свойства топлив и смазочных материалов.

Справочник следует рассматривать как руководство по качеству и применению нефтепродуктов. Во всех случаях при необходимости уточнения отдельных показателей качества нефтепродуктов или методов их испытаний, особенно при арбитражных операциях, следует обращаться к официальным изданиям Госстандарта СССР. Справочник не претендует на полноту информации по трибологическим и химмотологическим характеристикам топлив и смазочных материалов, в этом случае нужно пользоваться специальными изданиями.

Авторы будут считать свою задачу выполненной, если представленная информация будет способствовать улучшению эксплуатации техники, снижению расхода нефтепродуктов и техническому прогрессу в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

ВВЕДЕНИЕ

Современные наземные, воздушные и водные транспортные средства, сельскохозяйственные, дорожно-строительные, горнодобывающие, лесотехнические, мелиорационные машины и промышленное оборудование различных отраслей народного хозяйства, а также химические, нефтеперерабатывающие, металлургические, машиностроительные и другие технологии являются весьма энергоемкими. Рост единичной мощности транспортных средств и технологических процессов, до последнего времени достигаемый повышением энергопотребления, и расширение парка техники уже привели к предельному уровню потребления нефтепродуктов — одному из главных топливно-энергетических ресурсов. В этих условиях рациональное и эффективное использование горюче-смазочных материалов является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Сегодня к новой технике предъявляются жесткие и все возрастающие требования по повышению надежности, долговечности, а также снижению расхода топлива и смазочных материалов. Нефтепродукты, являясь эксплуатационными материалами, по своему влиянию на показатели работы техники равнозначны конструкционным материалам: металлам, резинам, пластмассам и др. Поэтому знание их состава, свойств, областей применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических особенностей необходимо как работникам машиностроительных отраслей, специалистам, эксплуатирующим разнообразную технику, так и тем, кто занимается производством, транспортом и хранением нефтепродуктов.

Технический прогресс в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности позволил существенно улучшить качество реактивных и дизельных топлив, возросло производство высокоэффективных моторных и индустриальных масел, пластичных смазок и смазочно-охлаждающих технологических средств, других нефтепродуктов. Это достигнуто за счет широкого использования гидрокаталитических процессов и эффективных присадок, повышающих функциональные свойства нефтепродуктов. Значительно обновился и изменился ассортимент нефтепродуктов. Вырабатываются новые сорта масел для карбюраторных двигателей легковых автомобилей, высокофорсированных дизе-

лей большегрузных автомобилей, появились новые сорта универсальных масел, способные работать как в карбюраторных двигателях, так и в дизелях. Нефтеперерабатывающая промышленность выпускает рабоче-консервационные и консервационные смазочные материалы, использование которых позволяет не только эксплуатировать, но и хранить технику. Нашли широкое применение многоцелевые пластичные смазки и индустриальные масла. Срок работы смазочных материалов в узлах трения существенно увеличился.

Следует подчеркнуть, что конструкции и материальному оформлению, а также условиям работы узла трения должен соответствовать определенный по составу и свойствам смазочный материал. От конструкции узла зависит, какой выбрать смазочный материал: жидкий, полужидкий, пластичный или твердый. Попытки в науке и на практике принизить либо преувеличить роль нефтепродуктов и в частности смазочных материалов всегда оканчивались неудачами. И это естественно. Смазочные материалы являются сложными композиционными продуктами, в состав которых входят многие компоненты и присадки, обусловливающие их свойства. Неправильно выбранный смазочный материал затруднит эксплуатацию техники, сократит ее ресурс и снизит надежность. Но даже самые «великолепные» образцы масел или смазок не могут увеличить ресурс работы узла трения или механизма в 1,5—2,0 раза, если этот ресурс не предусмотрен конструктором. В конечном счете смазочный материал должен иметь такой запас эксплуатационных свойств, который позволит нормально эксплуатировать узел трения на весь его ресурс работы, до установленного срока технического осмотра или ремонта. При этом правильно разработанный и выбранный смазочный материал не требует каких-либо других добавок в процессе эксплуатации.

Придавая особое значение правильному выбору топлива и смазочного материала, специалисты в области производства и применения нефтепродуктов рассматривают предварительные рекомендации машиностроительных предприятий и оказывают им техническое содействие.

Глава 1

НЕФТЯНЫЕ ТОПЛИВА

Назначение топлив — сгорая, выделять тепловую энергию, которая превращается затем в двигателях различного назначения в механическую или используется в котельных установках для получения водяного пара, а также для подогрева воды. С учетом технологии получения топлива подразделяют на дистиллятные и остаточные, которые объединяют следующие виды нефтепродуктов.

Дистиллятные топлива:

автомобильные и авиационные бензины для поршневых двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением;

реактивные топлива для воздушно-реактивных авиационных двигателей;

дизельные топлива для высокооборотных поршневых двигателей внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия;

газотурбинные топлива для судовых и стационарных энергетических установок;

печное бытовое для небольших котельных установок, используемых для отопления домов и в сельском хозяйстве.

Остаточные топлива:*

моторные топлива для средне- и малооборотных дизелей (устанавливаемых обычно на судах различного назначения);

котельные топлива для транспортных и стационарных котельных установок (флотский и топочный мазуты).

В соответствии с назначением наиболее важным свойством для всех видов топлив является их способность обеспечить полноту сгорания с выделением наибольшего количества теплоты. Топливо может сгорать только в паровой фазе, т. е. предварительно оно должно быть полностью переведено из жидкого состояния в парообразное. Степень испарения топлива определяется условиями его применения и температурными пределами выкипания; для дистиллятных топлив основным показателем является их фракционный состав.

Объективные особенности топлив различного назначения, проявляемые в процессе их производства, транспортирования, хранения и применения в технике, характеризуются эксплуатационными свойствами. Согласно ГОСТ 4.25—83 («Система по-

* Как правило, эти топлива используют в смеси с дистиллятными фракциями.

казателей качества продукции. Нефтепродукты. Топлива жидкие. Номенклатура показателей») эксплуатационные свойства формируются из трех групп показателей по основным функциональным признакам: назначение, экология и сохраняемость.

БЕНЗИНЫ

Бензины предназначены для поршневых авиационных и автомобильных двигателей с принудительным воспламенением (от искры). Несмотря на различие в условиях их применения, авиационные и автомобильные бензины характеризуются общими показателями качества, определяющими их эксплуатационные свойства, различаясь между собой численными значениями, как правило, более низкими для автомобильных бензинов. В связи с этим эксплуатационные свойства бензинов рассматриваются совместно, без разделения их по назначению, но в отдельных случаях внимание акцентируется на специфике условий применения бензинов.

Основные свойства бензинов, обеспечивающие нормальную эксплуатацию двигателей:

полная испаряемость для достижения максимально возможной полноты сгорания;

высокая детонационная стойкость для предотвращения детонации при эксплуатации двигателя;

высокая химическая стабильность, предопределяющая отсутствие склонности к образованию отложений в топливной системе двигателя, а также нагарообразования в камере сгорания;

хорошая совместимость с материалами (низкая коррозионная агрессивиость по отношению к металлам и отсутствие воздействия на резиновые технические изделия);

хорошие прокачиваемость и низкотемпературные свойства, обеспечивающие бесперебойную подачу бензинов в двигатель.

Свойства

Испаряемость. Нормальная работа современного многооборотного двигателя обеспечивается при сгорании топлива в возможно короткий срок, исчисляемый 0,002—0,004 с. Для столь малого времени сгорания топливо должно быть подготовлено: во-первых, полностью переведено из жидкого состояния в парообразное, и, во-вторых, введено в состав рабочей смеси в определенном соотношении с воздухом. Если в рабочей смеси, поступающей в цилиндр двигателя, часть топлива к моменту воспламенения остается в жидком состоянии (в виде капель), сгорание затягивается, так как оно происходит только с поверхности капли. В результате рабочая смесь догорает уже в конце такта расширения или даже в такте выхлопа, вследствие этого увеличивается отдача тепла стенкам цилиндров, двигатель перегревается и его мощность и экономичность снижаются. При наличии к моменту сгорания большого количества неиспарившегося топлива состав рабочей смеси не соответствует тому оптимальному составу, который обеспечивает нормальную работу двигателя на данном режиме.

Полнота испарения топлива определяется скоростью испарения, обусловливаемой физическими свойствами топлива, а также факторами чисто эксплуатационного характера и конструкцией двигателя. К физическим свойствам топлива, от которых зависят скорость и полнота его испарения, относятся: температурные пределы выкипания топлива, характеризуемые его фракционным составом, давление насыщенных паров, скрытая теплота испарения, коэффициент диффузии паров, вязкость, поверхностное натяжение, теплоемкость. Эксплуатационные факторы определяются условиями применения топлив в двигателях, т. е. режимами их работы.

Топливо испаряется в основном в карбюраторе. Однако в зависимости от режима работы двигателя и фракционного состава топлива не весь бензин переходит в парообразное состояние. Часть его оседает в виде жидкой пленки во всасывающей системе двигателя, а это крайне нежелательно. В результате образования жидкой пленки рабочая смесь распределяется по цилиндрам двигателя неравномерно и в них поступают пары разного фракционного состава. В цилиндрах, куда поступает преимущественно паровоздушная смесь, концентрируются более низкокипящие фракции топлива, а в цилиндрах, в которые попадает больше жидкой пленки, преобладают более высококипящие фракции топлива. Жидкая пленка топлива, кроме того, попадая в цилиндры двигателя, смывает с их стенок масло и проникает через зазоры поршневых колец в картер двигателя. Это отрицательно сказывается на мощности и экономичности двигателя, при этом масло разжижается и износ двигателя увеличивается.

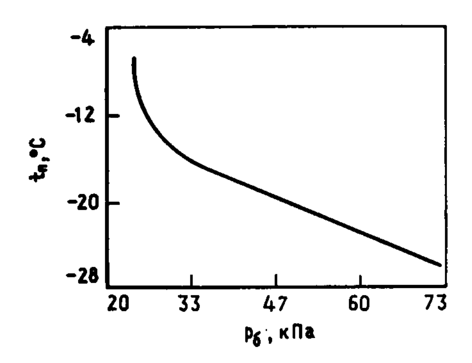
При непосредственном впрыске топливо под давлением 15—30 МПа подается в каждый цилиндр двигателя раздельно, что улучшает распределение рабочей смеси по цилиндрам и повышает точность дозирования топлива и как результат этого экономичность работы двигателя и его мощность.

Из всех физических свойств испаряемость бензина в наибольшей степени зависит от его фракционного состава и давления насыщенных паров. При этом если по вязкости, поверхностному натяжению, теплоемкости и скрытой теплоте испарения бензины сравнительно мало различаются между собой, то по фракционному составу и давлению насыщенных паров они могут заметно отличаться. С фракционным составом бензина помимо испаряемости связаны и такие важные эксплуатационные

характеристики двигателя, как возможность и скорость его запуска при низких температурах, склонность к образованию паровых пробок в топливной системе двигателя, приемистость автомобиля, скорость прогрева двигателя, износ цилиндропоршневой группы, расход топлива.

Пусковые свойства и склонность к образованию паровых пробок в значительной мере определяются давлением насыщенных паров бензина: чем оно выше, тем больше и степень испарения бензина. Давление насыщенных паров зависит от температуры, уменьшаясь с ее понижением. По давлению насыщенных паров бензина определяют их концентрацию в рабочей смеси, поступающей в двигатель. При некотором давлении насыщенных паров бензина их концентрация в рабочей смеси становится меньше нижнего уровня ее воспламеняемости, и запуск двигателя становится невозможным. При концентрации паров бензина в рабочей смеси, даже незначительно превышающей уровень ее воспламеняемости, запуск двигателя при низких температурах также затруднителен. На рис. 1 показана зависимость температуры воздуха, при которой возможен пуск двигателя, от давления насыщенных паров бензина. Давление насыщенных паров бензина обычно определяют при 37,8 °C в специальном приборе.

Для бензинов разного фракционного состава установлена зависимость между содержанием низкокипящих фракций бензина, температурой и легкостью запуска двигателя на автомобилях с различной конструкцией топливной системы. Температура воздуха, при которой возможен запуск двигателя, определяется по температуре начала кипения бензина и температурам выкипания 10 и 20% (об.), а также по объему



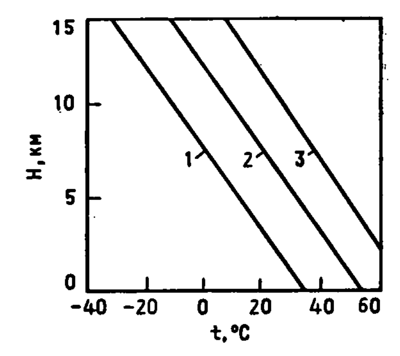


Рис. 1. Зависимость температуры воздуха $t_п$, при которой возможен пуск двигателя, от давления насыщенных паров бензина $p_б$

Рис. 2. Зависимость допустимой высоты полета самолета H от температуры бензина t при давлении его насыщенных паров:
1 — 86 кПа; *2* — 60 кПа; *3* — 34 кПа

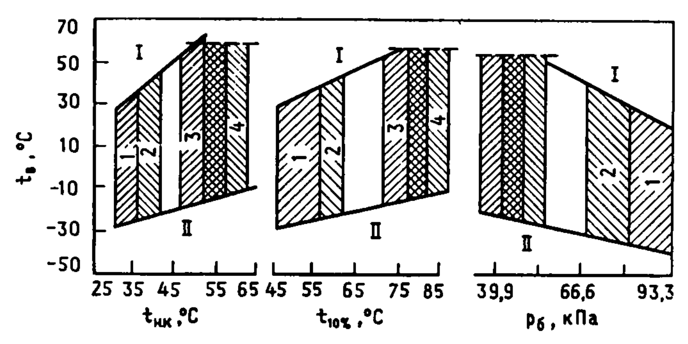


Рис. 3. Допустимая температура работоспособности автомобильных двигателей $t_в$ в зависимости от фракционного состава (температура начала кипения — $t_{н.к}$ выкипания 10% (об.) — $t_{10\%}$) и давления насыщенных паров $p_б$ бензина:

1 — для северной климатической зоны; *2* — зимний; *3* — летний; *4* — для южной климатической зоны; *I* — образование паровых пробок; *II* — холодный двигатель не запускается.

бензина, испаряющемуся при 70 °C. Для оценки пусковых свойств автомобильных бензинов наиболее характерна температура, при которой выкипает 10% (об.). Влияние температуры выкипания 10% (об.) бензина $t_{10\%}$ на минимальные температуры воздуха $t_{мин}^{возд}$, при которых возможен запуск двигателя с различной конструкцией топливной системы, можно оценить из следующих данных:

$t_{10\%}$, °C	48	59	64	68
$t_{мин}^{возд}$, °C	—22...—27	—19...—23	—16...—19	—13...—17
$t_{10\%}$, °C		75	77	86
$t_{мин}^{возд}$, °C		—8...—13	—7...—12	—1...—8

Склонность бензинов к потерям от испарения характеризует их физическую стабильность. Она зависит от фракционного состава бензинов и давления насыщенных паров, обусловленных их компонентным составом. Наибольшей склонностью к потерям от испарения обладают автомобильные бензины, в состав которых вовлекаются бутановая фракция с ГФУ и бутан-бутеновая фракция газов каталитического крекинга. Меньшие потери от испарения наблюдаются у автомобильных бензинов, в состав которых входят такие низкокипящие компоненты, как газовый бензин и изопентановая фракция.

В топливной системе двигателя возможно образование паровых пробок из-за интенсивного испарения бензина: при чрезмерном нагреве топлива в летнее время при подъеме самолета на высоту или при эксплуатации автомобилей в высокогорных условиях в результате снижения атмосферного давления. На рис. 2 представлена зависимость допустимой высоты полета самолета от давления насыщенных паров бензина при различ-

ных его температурах, а на рис. 3 — температурные пределы работоспособности автомобильных двигателей в зависимости от фракционного состава и давления насыщенных паров бензина.

Обледенение карбюратора происходит в результате замерзания капелек воды, поступающей с картерными газами, а также конденсирующейся из воздуха вследствие резкого снижения температуры рабочей смеси при интенсивном испарении бензина в карбюраторе. При температуре ниже 0 °C на стенках карбюратора, в жиклере и в первую очередь на дроссельной заслонке образуется лед, что вызывает перебои в работе двигателя, а в особо неблагоприятных условиях двигатель останавливается.

Степень обледенения карбюратора зависит от температуры воздуха, его относительной влажности, испаряемости бензина, в основном от температуры выкипания 10% (об.), теплоты испарения входящих в состав бензина углеводородов и конструкции топливной системы двигателя. Легкоиспаряющиеся бензины почти полностью переходят в паровую фазу в карбюраторе, в результате отмечается наиболее значительное понижение температуры рабочей смеси. При применении таких бензинов обледенение карбюратора возможно в более широких диапазонах температур и относительной влажности воздуха. Наибольшая степень обледенения карбюратора имеет место при температуре воздуха 4,5 °C. При этой температуре обледенение наблюдается уже при относительной влажности воздуха ≈60%, а при 100%-й влажности воздуха обледенение происходит в диапазоне температур от —7 ... —8 °C до 12 ... 13 °C (рис. 4).

Для предотвращения обледенения предложено подогревать воздух, поступающий в карбюратор (конструктивные меры) или вводить в бензин антиобледенительные присадки на местах их применения. Время прогрева двигателя зависит от температуры выкипания 50% (об.) бензина $t_{50\%}$ и температуры окружающей среды. По мере снижения $t_{50\%}$ прогрев двигателя ускоряется, особенно при низких температурах воздуха, улучшается при этом и приемистость двигателя, т. е. способность его переходить с одного режима работы на другой.

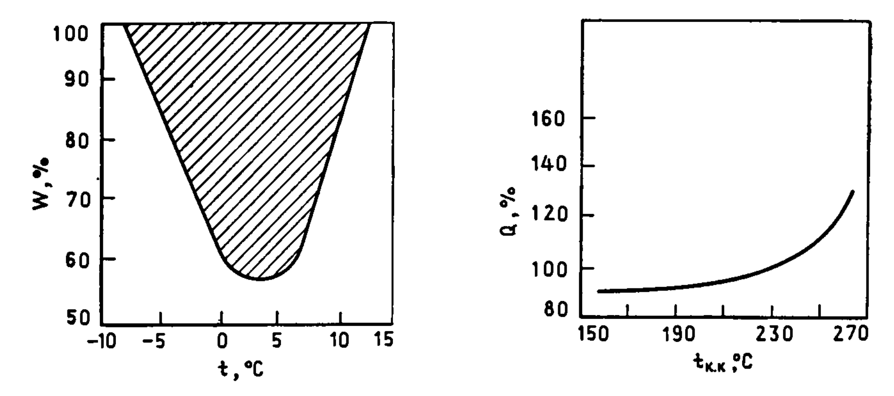


Рис. 4. Области температуры t и относительной влажности воздуха w, опасные для обледенения карбюратора

Рис. 5. Зависимость относительного расхода бензина Q при эксплуатации автомобиля от температуры конца кипения бензина $t_{к.к}$

Для нормальной работы двигателя важное значение имеет равномерность распределения рабочей смеси по отдельным цилиндрам. Она определяется полнотой испарения бензина и характеризуется температурами выкипания 90% (об.) и конца кипения бензина. При высоких значениях этих температур наиболее высококипящие фракции бензина не успевают испариться во впускном трубопроводе двигателя и в виде жидкой пленки поступают в цилиндры. Как было уже отмечено, вследствие неполного сгорания бензина в камере сгорания повышается его расход и снижаются экономичность и мощность двигателя (рис. 5).

Детонационная стойкость. Этот показатель для авиационных и автомобильных бензинов является основным и характеризует способность топлива сгорать в двигателе с воспламенением от искры без детонации. При определенных условиях работы двигателя нормальный процесс сгорания топлива нарушается, и скорость распространения фронта пламени резко возрастает, достигая 2000—2500 м/с. Сгорание принимает взрывной, или детонационный характер, который сопровождается очень высокими местными повышениями температуры и давления, резким металлическим звуком и падением мощности. Наиболее склонна к детонационному сгоранию, или к детонации та часть рабочей смеси, которая сгорает последней. Детонация приводит к перегреву двигателя, неполному сгоранию топлива, дымлению отработавших газов, падению мощности, прогару поршней и выводу двигателя из строя. Эксплуатировать двигатель при наличии детонации нельзя. Склонность топлива к детонации зависит от его углеводородного состава, а также от конструктивных и эксплуатационных факторов.

Детонационную стойкость бензинов определяют на одноцилиндровых двигателях с переменной степенью сжатия и выражают в единицах октанового числа, а для авиационных бензинов, кроме того, и в виде сортности. Октановое число оценивают на бедной рабочей смеси, а сортность — на богатой.

Октановое число есть показатель детонационной стойкости топлива, численно равный содержанию (в % об.) изооктана в смеси его с *н*-гептаном, которая по детонационной стойкости эквивалентна топливу, испытуемому в стандартных условиях. Так, топливо с октановым числом 90 по своей детонационной стойкости эквивалентно смеси, состоящей из 90% (об.) изооктана и 10% (об.) *н*-гептана.

Октановое число автомобильных бензинов определяют двумя методами: моторным на установках ИТ9-2М или УИТ-65 (ГОСТ 511—82) и исследовательским на установках ИТ9-6 или УИТ-65 (ГОСТ 8226—82), а октановое число авиационных бензинов — только моторным. Детонационный режим двигателей установок достигается изменением степени сжатия. Октановое число автомобильных бензинов определяют также по методу детонационных испытаний на полноразмерных автомобильных двигателях в стендовых и дорожных условиях (ГОСТ 10373—75). Установки ИТ9-2М, ИТ9-6 и УИТ-65 имеют однотипные одноцилиндровые двигатели, агрегаты и приборы, но условия испытания на них разные. На универсальной установке УИТ-65 можно определять октановое число моторным и исследовательским методами. Режимы испытаний при определении октановых чисел бензинов по моторному и исследовательскому методам, представлены ниже:

	Моторный метод	Исследовательский метод
Установка для испытаний	ИТ9-2М или УИТ-65	ИТ9-6, УИТ-65
Двигатель	Одноцилиндровый с переменной степенью сжатия	
Размеры двигателя, мм:		
диаметр цилиндра	85	85
ход поршня	115	115
Частота вращения вала, об/мин	900±10	600±10
Температура, °C:		
в системе охлаждения	100±2	100±2
воздуха	40÷50	52±2
смеси	149±1	Не подогревается
масла в картере	50—75	50—75
Угол опережения зажигания, °ПВК до ВМТ	От 26 (ε-5) до 19 (ε-7)	13
Состав смеси	Соответствует максимуму детонации	

Как видно, условия определения октанового числа по моторному методу более жесткие, чем по исследовательскому. В связи с этим октановое число бензина, как правило, по исследовательскому методу выше октанового числа по моторному. Разница в октановых числах бензина, определенных обоими методами, называется *чувствительностью* бензина. В зависимости от углеводородного состава бензинов их чувствительность колеблется в широких пределах. Наиболее чувствительны к режиму работы двигателя непредельные и ароматические углеводороды. Поэтому наибольшую чувствительность (10—12 единиц) имеют бензины каталитического риформинга жесткого режима, содержание ароматических углеводородов в которых превышает 60—65%. Средней чувствительностью обладают бензины термического крекинга и коксования. В зависимости от содержания в них непредельных углеводородов их чувствительность составляет 4—7 единиц. Наименьшую чувствительность (±1—2 единицы) имеют бензины, состоящие преимущественно из парафиновых углеводородов: бензины прямой перегонки и газовый бензин.

Сортность оценивают на стандартном одноцилиндровом двигателе ИТ9-1 (ГОСТ 3338—68). В качестве эталонного топлива при определении сортности, равной 100 и выше, применяют технический эталонный изооктан (ТЭИ, ГОСТ 12433—66) в чистом виде и с разным содержанием антидетонатора — тетраэтилсвинца, вводимого в него в виде этиловой жидкости. При определении сортности ниже 100 используют смеси ТЭИ с *н*-гептаном. Детонационная стойкость ТЭИ, выраженная в единицах сортности, принята равной 100, а *н*-гептана — равной 0. Сортность находят по специальной шкале в соответствии с ГОСТ 3368—68.

Сортность топлива — это показатель детонационной стойкости на богатой смеси, который определяют при испытании на одноцилиндровом двигателе в стандартных условиях на режиме начальной детонации в сравнении с эталонным топливом по среднему индикаторному давлению (мощности). Так, сортность топлива 130 означает, что допустимый прирост мощности до начала детонации на данном топливе в условиях работы стандартного одноцилиндрового двигателя на 30% больше, чем на ТЭИ.

Детонационная стойкость авиационных и автомобильных бензинов определяется их углеводородным составом и наличием антидетонатора, вводимого в малых концентрациях для улучшения антидетонационных свойств бензина. В зависимости от преимущественного содержания в бензинах углеводородов того или иного класса и их строения, а также концентрации антидетонатора детонационная стойкость бензинов колеблется в очень широких пределах. Для парафиновых углеводородов она снижается с повышением молекулярной массы и повышается по мере разветвления молекулы. Детонационная стойкость непредельных углеводородов с открытой структурой (олефины) как нормального строения, так и имеющих одну метильную группу в цепи значительно выше, чем у соответствующих им по строению парафиновых углеводородов. Наиболее высокой детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды. Октановое число их по моторному методу превышает 90 единиц, достигая, например, для бензола 111,6. Как и у нафтеновых углеводородов октановые числа ароматических углеводородов при увеличении боковой неразветвленной цепи снижаются, но менее резко, а разветвление боковой цепи сказывается незначительно на октановом числе. Наличие двух или нескольких CH_3-групп в молекуле ароматических углеводородов повышает детонационную стойкость, а при переходе от *пара*- к *орто*-изомеру октановое число понижается.

Структура углеводородов оказывает большое влияние на повышение детонационной стойкости при добавлении к ним антидетонатора. Из всех классов углеводородов наиболее восприимчивы к последнему парафиновые углеводороды, причем, как правило, чем ниже октановое число углеводорода, тем восприимчивее он к антидетонатору. Наименее восприимчивы к нему ароматические и непредельные углеводороды, особенно сильно разветвленные. Низкооктановые олефины более восприимчивы к антидетонатору. Нафтеновые углеводороды занимают промежуточное положение, и среди них низкооктановые также наиболее восприимчивы к антидетонатору. Восприимчивость к антидетонатору существенно снижается при наличии в автомобильном бензине сернистых соединений.

Детонационная стойкость авиационных бензинов на богатой смеси, или их сортность, зависит от структуры входящих в их состав углеводородов, и, как правило, чем выше октановое число углеводорода, тем выше и его сортность. Однако такая зависимость характерна для каждого класса углеводородов отдельно, но не всегда. Еще заметнее нарушается эта зависимость при сравнении октанового числа и сортности углеводородов различных классов. Максимальные значения сортности (>200) имеют ароматические углеводороды, циклопентан и некоторые сильно разветвленные парафиновые углеводороды, например 2,2,3-триметилбутан (триптан). Высокая сортность характерна для других низкомолекулярных нафтеновых углеводородов. Сортность малоразветвленных парафиновых углеводородов и особенно нормального строения чрезвычайно низкая.

Бензины большинства технологических процессов, как правило, не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к автомобильным и особенно авиационным бензинам по детонационной стойкости. В связи с этим широко используют высокооктановые компоненты, которые добавляют в базовые бензины в количестве 5—30%, и антидетонаторы. Применение последних по сравнению с высокооктановыми компонентами более эффективно и значительно экономичней. Поэтому во все авиационные и в подавляющую массу автомобильных бензинов вводят антидетонатор — тетраэтилсвинец (ТЭС), а за рубежом также и тетраметилсвинец (ТМС).

Согласно механизма действия тетраэтилсвинца (как и тетраметилсвинца), при повышенных температурах, предшествующих сгоранию бензинов, происходит диссоциация ТЭС с образованием свинца: $Pb(C_2H_5)_4 \rightarrow Pb + 4C_2H_5$. Окисляясь, он образует диоксид свинца PbO_2. Последний, взаимодействуя с первичными продуктами окисления углеводородов — пероксидами, накопление которых в рабочей смеси обусловливает детонационное сгорание, разрушает их с образованием малоактивных продуктов окисления и оксида свинца и тем самым предотвращает детонацию:

$$RCH_2OOH + PbO_2 \longrightarrow RCHO + PbO + H_2O + 0{,}5O_2.$$

Оксид свинца имеет высокую температуру плавления (880 °С) и способен отлагаться в виде твердого продукта (нагара) на отдельных деталях двигателя (на днищах поршней, в камере сгорания, на электродах свечей зажигания и выпускных клапанах), ухудшая работу двигателя и сокращая его ресурс. Для предотвращения этого в бензин вводят соединения, способные образовывать с оксидами свинца более летучие продукты, выносимые из двигателя вместе с отработавшими газами. В качестве таковых используют галогенопроизводные органические соединения, в основном бромиды. Смесь ТЭС с выносителем называют *этиловой жидкостью*. Соотношение антидетонатора и выносителя в этиловой жидкости устанавливают с учетом того, чтобы не только полностью связать свинец в его галогенид, но и иметь некоторый запас выносителя (10—15%).

Свинцовые антидетонаторы очень ядовиты и потому повышают токсичность бензинов. Этиловая жидкость бесцветна, и в целях безопасности ее окрашивают в светло-желтый цвет, добавляя на 1 кг этиловой жидкости 0,4 г красителя — жирорастворимого желтого К. Тетраэтил- и тетраметилсвинец при хранении склонны к окислению с образованием оксида свинца, в связи с чем в этиловую жидкость вводят антиокислитель — 0,02—0,03% *п*-оксидифениламина.

В Советском Союзе вырабатывают две марки этиловой жидкости — Р-9 и П-2, различающиеся выносителем: в жидкости Р-9 этилбромид в смеси с небольшим количеством хлорнафталина, а в П-2 — смесь последнего с дибромпропаном. Содержание компонентов в этиловой жидкости равно [% (масс.)]:

	Р-9	П-2
Тетраэтилсвинец	≥54,0	≥55,0
Этилбромид	≥33,0	—
Дибромпропан	—	≥34,4
Хлорнафталин	6,8±0,5	5,5±0,5
Наполнитель (бензин-70)	≤100	≤100
п-Оксидифениламин	0,02—0,03	0,02—0,03

Ввиду невысокой температуры кипения (38 °С) этилбромид сравнительно легко улетучивается из бензина при хранении и транспортировании, в результате при сгорании бензина не весь оксид свинца связывается этилбромидом с образованием летучего бромида свинца, что вызывает повышенные отложения оксида свинца в двигателе. Температура кипения дибромпропана значительно выше (132 °С), и он из бензина при хранении и транспортировании не улетучивается.

Эффективность этиловой жидкости должна составлять 17 октановых единиц по моторному методу при добавлении на 1 кг смеси, состоящей из 70% (об.) эталонного изооктана и 30% (об.) эталонного *н*-гептана, 2 см³ Р-9 или 1,7 см³ П-2. Стабильность этиловой жидкости при хранении контролируют по периоду стабильности: не менее 7 ч при выпуске этиловой жидкости и не менее 2 ч после ее хранения.

Бромид свинца, образующийся при сгорании этилированных бензинов и выбрасываемый в атмосферу с отработавшими газами, также ядовит, и потому применение таких бензинов крайне нежелательно. Кроме того, бромид свинца дезактивирует платиновые и палладиевые катализаторы, используемые в нейтрализаторах с целью дожигания содержащихся в отработавших газах оксида углерода и несгоревших углеводородов. Во всех странах мира и Советском Союзе разрабатываются мероприятия по сокращению и полному прекращению выработки этилированных бензинов путем замены их на высокооктановые компоненты и оптимизации требований к детонационной стойкости бензинов. В 1985 г. доля выработки неэтилированных бензинов в СССР составила ≈25%.

Следует отметить, что тетраметилсвинец имеет некоторые преимущества перед тетраэтилсвинцом — он эффективнее последнего в высокооктановых бензинах (на 0,5—1,0 октановую единицу), имеет более высокую температуру разложения и более низкую температуру кипения — 110 °C (ТЭС — 200 °C). Поэтому ТМС равномернее распределяется по цилиндрам двигателя, в результате улучшается равномерность распределения детонационной стойкости по фракционному составу бензина.

В качестве высокооктанового компонента бензинов за рубежом нашел применение *трет*-бутилметиловый эфир (ТБМЭ)*, получаемый взаимодействием изобутена с метанолом. Эфир кипит при 55°C и, имея высокие значения октановых чисел (115—135 по исследовательскому и 98—100 по моторному методу), он, в отличие от метанола, не ядовит, хорошо растворяется в бензине и плохо — в воде. Введение *трет*-бутилметилового эфира в бензин в количестве 11% позволяет получить неэтилированный бензин АИ-93 с вовлечением в него до 15—20% низкооктановых компонентов. При этом снижаются температура запуска двигателя на 8—12 °C и токсичность отработавших газов и, несмотря на более низкую теплоту сгорания эфира (35 200 кДж/кг), экономичность двигателя не ухудшается, а в городских условиях повышается на 3—5% вследствие снижения неравномерности распределения детонационной стойкости бензина по фракциям.

Неэтилированные бензины А-76 и АИ-93, содержащие до 11% *трет*-бутилметилового эфира, допущены к применению, и в ближайшее время намечено их промышленное производство.

Химическая стабильность топлив характеризует их склонность к окислению при длительном хранении, транспортировании и перекачках. Химическая стабильность автомобильных бензинов обусловливается, прежде всего, наличием в них непредельных углеводородов, которые отличаются повышенной склонностью к окислению. Наиболее склонны к окислению диены, имеющие сопряженные двойные связи, особенно циклические. Мало устойчивы против окисления и ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи. Более устойчивы циклические олефины и наиболее стабильны олефины, причем низкомолекулярные олефины менее стабильны, чем высокомолекулярные того же строения. С разветвлением структуры молекулы олефина или при приближении двойной связи к ее середине стабильность олефинов понижается. Диены с удаленными друг от друга двойными связями по стабильности приближаются к олефинам. Под влиянием различных факторов (температура, кислород воздуха, каталитическое воздействие металлов, свет и др.) они быстро окисляются и полимеризуются с

* Известный под прежним названием МТБЭ — метил-*трет*-бутиловый эфир.

образованием смолистых веществ и кислот. Накапливаясь в бензине, смолистые вещества резко ухудшают его эксплуатационные свойства.

Образование смолистых веществ в результате окисления непредельных углеводородов под воздействием кислорода воздуха при обычных температурах проходит ряд промежуточных стадий. Первичными продуктами окисления углеводородов являются гидропероксиды — соединения мало устойчивые и склонные к быстрому превращению по различным направлениям, в зависимости от условий окисления. При низких температурах, характерных для хранения бензинов, гидропероксиды в основном взаимодействуют с исходными углеводородами с преимущественным образованием спиртов, которые, окисляясь, образуют альдегиды, кетоны и кислоты, в свою очередь претерпевающие дальнейшие изменения. Наряду с этим гидропероксиды непредельных углеводородов способны полимеризоваться и инициировать реакции полимеризации непредельных углеводородов, приводя к образованию смолистых веществ. В начальной стадии окисления содержание в бензине смолистых веществ незначительно, и они полностью растворимы в нем. По мере дальнейшего окисления содержание смолистых веществ возрастает, строение их усложняется и растворимость в бензине снижается. На некоторой стадии окисления бензина, определяемой условиями хранения, характером присутствующих непредельных углеводородов и рядом других факторов, растворимость смолистых веществ падает настолько, что они выпадают из топлива, отлагаясь на стенках и дне емкостей, трубопроводов или в баке автомобиля.

Склонность автомобильных бензинов к смолообразованию в большей степени зависит от температуры, резко возрастая с ее повышением, от поверхности соприкосновения бензинов с воздухом и с металлами, от интенсивности обмена воздуха, а также от каталитического воздействия металлов. Сильное воздействие на химическую стабильность бензина оказывает медь, слабее — свинец.

В авиационных бензинах содержание непредельных углеводородов незначительно, и потому их химическая стабильность, прежде всего, обусловливается наличием тетраэтилсвинца. Последний при хранении бензина легко окисляется с образованием оксида свинца, нерастворимого в бензине и выпадающего из него в виде осадка.

Этилированные автомобильные бензины содержат тетраэтилсвинец в меньшем количестве, чем авиационные. В автомобильных бензинах, как правило, содержатся непредельные углеводороды, более склонные к окислению, чем тетраэтилсвинец, поэтому наличие последнего обычно не лимитирует химическую стабильность бензинов.

Для повышения химической стабильности автомобильных и этилированных авиационных бензинов к ним добавляют антиокислители:

Бензин (ГОСТ)	Антиокислитель	Концентрация, %
Авиационный (ГОСТ 1012—72)	*п*-Оксидифениламин	0,002—0,010
Автомобильный (ГОСТ 2034—77)	»	0,007—0,010
	Древесно-смоляной	0,05—0,15
	ФЧ-16	0,03—0,10
	Ионол	0,03—0,10

Кроме того, допущены к применению в качестве антиокислителей к авиационным бензинам — ионол (0,01%) и к автомобильным бензинам агидол-12 (до 0,3%). Концентрация антиокислителей в автомобильных бензинах определяется из расчета на компонент, содержащий ненасыщенные углеводороды. Древесно-смоляной антиокислитель проявляет невысокую эффективность и ограниченно растворим в бензинах, поэтому объемы применения его снижаются. Плохой растворимостью в бензинах (и хорошей в воде) обладает антиокислитель ФЧ-16. В связи с этим антиокислители древесно-смоляной и ФЧ-16 постепенно заменят на ионол и агидол-12.

Ионол (Агидол-1) — торговое наименование фенольного соединения 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол (2,6-ди-*трет*-бутил-*п*-крезол). Он представляет собой твердое вещество, хорошо растворимое в бензинах и нерастворимое в воде, поэтому не вымывается из бензинов водой. Ионол производят в больших промышленных масштабах, но он сравнительно дорог. Поставляется потребителю в фанерных барабанах или деревянных бочках со вставленными внутрь бумажными мешками, либо в четырех- и пятислойных бумажных мешках.

Агидол-12 представляет собою 50%-й раствор в толуоле или в сильноароматизированной бензиновой фракции кубового остатка, получаемого в процессе регенерации метанола при производстве ионола. Он хорошо растворим в бензине. По эффективности незначительно уступает ионолу, но значительно дешевле его.

В табл. 1.1 приведена характеристика антиокислителей, применяемых в автомобильных и авиационных бензинах (стр. 24—25).

Склонность к образованию отложений и нагарообразованию. Применение бензинов, в состав которых входят нестабильные в отношении окисления непредельные углеводороды, а также соединения, содержащие азот, кислород и серу, вызывает образование отложений на деталях двигателя и в его топливной системе. Отложения наблюдаются в топливном баке, карбюраторе, во всасывающем коллекторе, на клапанах, в камере сгорания, на нижних поверхностях поршня, на поршневых кольцах и в картере. Отложения в двигателе и топливной системе нарушают нормальную эксплуатацию двигателя и могут привести к его остановке и аварии. Состав отложений и скорость их

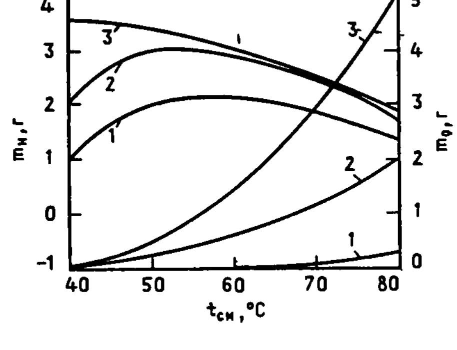
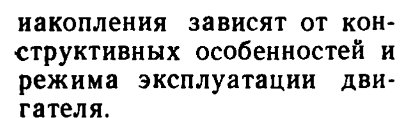


Рис. 6. Зависимость массы отложений во всасывающем трубопроводе m_0 и нагара в цилиндрах двигателя $m_н$ от температуры рабочей смеси $t_{см}$ при применении бензинов с различным содержанием фактических смол:
1—3 — 3, 18 и 35 мг/100 см³ соответственно



накопления зависят от конструктивных особенностей и режима эксплуатации двигателя.

При применении бензинов, содержащих смолистые и смолообразующие соединения (непредельные углеводороды, азот-, кислород- и серосодержащие соединения), наблюдается дальнейшее окисление смолообразующих соединений в смолистые вещества с выпадением последних из топлива. Процесс протекает особенно энергично в карбюраторе и во всасывающем коллекторе, где, несмотря на малый промежуток времени, условия для окисления наиболее благоприятны — большой избыток воздуха, повышенные температуры и хорошее распыление. Так как в топливной системе испаряется основная масса бензина, там легко достигается минимальная концентрация смолистых веществ, выше которой начинается их выпадение из бензина.

На рис. 6 показано влияние температуры рабочей смеси на массу отложений во всасывающем коллекторе и нагара в цилиндрах двигателя при применении бензинов с разным содержанием фактических смол.

Наряду со смолообразующими соединениями нагарообразование в двигателях вызывают ароматические углеводороды, соединения серы и этиловая жидкость, содержащиеся в бензинах. Влияние соединений серы и ТЭС на склонность бензина к нагарообразованию в двигателе можно оценить по массе нагара:

Содержание:					
тетраэтилсвинца, г/кг	0	0,27	0,54	1,0	1,5
серы, %	0,046	0,100	0,200	—	0,367
Масса нагара, *:					
на пластинке, мг/г	2,0	7,6	8,8	12,7	14,0
в двигателе, г	1,90	2,93	4,26	—	5,7

* Влияние на нагар серы исследовалось на двигателе, а тетраэтилсвинца — на пластинке.

Эксплуатационные свойства бензинов. *Совместимость с материалами.* Автомобильные и авиационные бензины при хране-

Таблица 1.1. Характеристики антиокислителей, применяемых в бензинах

Показатель	ФЧ-16 (ТУ 38 101602—76)	Древесно-смоляной (ГОСТ 3181—67)	n-Оксидифениламин	Ионол (ОСТ 33.01420—84)		Агидол-12 (ТУ 38 40118—86)
				высший сорт	первый сорт	
Внешний вид	Маслянистая однородная жидкость без механических примесей	Маслянистая жидкость	Твердая плавленая масса	Кристаллический однородный порошок без посторонних примесей		Однородная подвижная жидкость
Цвет	От коричневого до темно-коричневого	Темный	Серый	Белый		От светло-коричневого до коричневого
Температура плавления, °С	—	—	69—74	69,8—70	69,5—70	—
Разность температур между началом и концом плавления, °С, не более	—	—	—	0,4	1,0	—
Температура кристаллизации, °С	—	—	—	≥69,0	≥69,0	≤—50,0
Плотность при 20 °С, кг/м³	≥1000	1060—1100	—	—	—	≥910
Кислотное число, мг КОН/г, не более	25	30	—	—	—	—
Прирост содержания смол при добавлении антиокислителя, мг, не более	2,0	2,0	—	—	—	—
Зольность, %, не более	—	—	0,05	0,008	0,01	—
Содержание, % (масс.): воды, не более	2	6	—	Отсутствие		Следы
фенола, не менее	85	60	—	—		—

Примечания.

1. Для ФЧ-16 фракционный состав: до 220 °С — <5% (об.), до 265 °С — >98% (об.), содержание остатка, выкипающего при >265°С, — <2% (масс.).

2. Для древесно-смоляного антиокислителя: фракционный состав: до 240 °С — <25% (об.), до 260 °С — <55% (об.); прирост содержания смол при добавлении 50 мг антиокислителя — <1,5 мг/100 см³.

3. Для n-оксидифениламина: pH водной вытяжки — нейтральная; содержание примесей, нерастворимых в бензоле (4 г продукта в 100 см³ бензола), — <0,2%; растворимость в бензине Б-70 — при добавлении к 100 см³ бензина 0,75 см³ раствора n-оксидифениламина в бензоле (4 г на 100 см³) раствор должен остаться прозрачным.

4. Для агидола-12: содержание активного компонента — >50%, ионола и основания Манниха в активном компоненте — >65%, в том числе >55% ионола; индукционный период (мин) бензина термического крекинга (0,03% агидола-12 на активный компонент) должен быть на уровне индукционного периода того же бензина, содержащего 0,02% ионола.

5. Для ионола: при длительном хранении допускается изменение цвета до слабо-желтого.

нии, транспортировании и применении могут вызывать коррозию материалов, из которых изготавливаются трубопроводы, резервуары и баки машин (сталь), а также их топливные системы и арматура (сталь, латунь и другие сплавы). Коррозионная агрессивность бензинов обусловливается наличием в них меркаптанов, органических кислородсодержащих соединений кислотного характера и возможным попаданием в них водорастворимых неорганических кислот и щелочей, сероводорода и свободной серы, содержание которых в бензинах не допускается. Коррозионную агрессивность бензинов оценивают по испытанию на медную пластинку или показателю кислотности.

Сернистые соединения других классов, которые могут присутствовать в бензинах, сами не проявляют по отношению к материалам коррозионную активность, однако продукты их сгорания, в основном диоксид серы, вызывают износ деталей двигателя, что ухудшает его мощностные и экономические показатели. В связи с этим содержание серы в авиационных и автомобильных бензинах строго регламентируется.

При содержании в бензинах не более 45% ароматические углеводороды не оказывают отрицательного воздействия на резиновые технические изделия, используемые в топливных системах автомобилей и самолетов.

Прокачиваемость. Бензины застывают при температуре ниже —60°C, имеют низкую вязкость и очень пологую вязкостно-температурную зависимость. Они хорошо прокачиваются при низких температурах, но обладают плохими противоизносными свойствами. Ввиду отсутствия в топливных системах карбюраторных двигателей трущихся деталей, нуждающихся в смазке, низкие противоизносные свойства бензинов не являются их отрицательным качеством.

Важным показателем качества бензинов, прежде всего авиационных, является их *теплота сгорания,* влияющая на удельный расход топлива и связанную с ним дальность полета самолетов. Различают теплоты сгорания высшую и низшую ($Q^в_{сг}$ и $Q^н_{сг}$). $Q^в_{сг}$ учитывает и то тепло, которое выделяется при конденсации паров воды, образовавшейся при сгорании углеводородов топлива. Вследствие того, что температура продуктов сгорания в двигателе выше температуры конденсации водяных паров, для бензинов определяют только $Q^н_{сг}$. Она зависит от углеводородного состава бензинов, т. е. от отношения H/C в углеводородах, повышаясь с возрастанием этого отношения. Наибольшей $Q^н_{сг}$ обладают парафиновые углеводороды, имеющие максимальное отношение H/C, а наименьшей $Q^н_{сг}$ ароматические, в связи с чем бензины, обогащенные ароматическими углеводородами, обладают более низкой теплотой сгорания. Низшая теплота сгорания бензинов колеблется в сравнительно узких пределах. Для автомобильных бензинов она не регламентируется, а для авиационных — должна быть не ниже 42 947 кДж/кг.

Ассортимент, состав и качество авиационных бензинов

В настоящее время вырабатывают авиационный бензин двух марок: Б-95/130 и Б-91/115 (ГОСТ 1012—72); числитель означает октановое число бензина по моторному методу, знаменатель — сортность на богатой смеси. Характеристики авиационных бензинов представлены в табл. 1.2.

Авиационные бензины выпускают в этилированном виде с содержанием тетраэтилсвинца не более 3,1 г/кг и 2,5 г/кг для бензинов Б-95/130 и Б-91/115 соответственно. Для безопасности в обращении, а также для маркировки в этилированные бензины вводят жирорастворимые красители:

Марка бензина	Цвет	Краситель (концентрация, мг/кг)
Б-95/130	Желтый	Желтый К (6±0,1)
Б-91/115	Зеленый	Зеленый 6Ж или зеленый антрахиноновый (6±0,1)

Авиационные бензины представляют собою смесь компонентов, получаемых разными технологическими процессами. В отличие от автомобильных бензинов в состав авиационных вовлекают продукты ограниченного числа процессов, при этом даже самый низкооктановый компонент имеет относительно высокую детонационную стойкость — октановое число по моторному методу без ТЭС в пределах 70—74 единиц.

В бензинах одноступенчатого каталитического крекинга содержится до 30% непредельных углеводородов, отличающихся невысокой химической стабильностью, поэтому такие бензины в авиационной технике не используют. Их подвергают вторичной каталитической обработке и в результате изомеризации, гидрирования и частичной ароматизации непредельных углеводородов содержание их в бензине снижается до 1,5—3,5%; одновременно несколько повышается его детонационная стойкость. Но и такое, довольно незначительное количество непредельных углеводородов в бензинах может вызывать отложения смолистых веществ во всасывающей системе авиационных двигателей. В связи с этим расширилось использование бензина каталитического риформинга в качестве базового для получения авиационного бензина. Например, замена бензина каталитического крекинга на бензин риформинга положительно сказалась на таких характеристиках авиационных бензинов, как иодное число, период стабильности, содержание фактических смол. Использование в авиационной технике бензина

*Таблица 1.2. Характеристики авиационных бензинов (ГОСТ 1012—72)**

Показатель	Б-95/130	Б-91/115
Содержание тетраэтилсвинца, г/кг бензина, не более	3,1	2,5
Детонационная стойкость:		
октановое число (моторный метод), не менее	95	91
сортность, не менее	130	115
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг), не менее	42947(10250)	42947(10250)
Фракционный состав, °С:		
н. к., не ниже	40	40
10% (об.), не выше	82	82
50% (об.), не выше	105	105
90% (об.), не выше	145	145
97,5% (об.), не выше	180	180
остаток (%), не более	1,5	1,5
Давление насыщенных паров, кПа (мм рт. ст.);		
не менее	33,325(250)	29,326(220)
не более	45,422(340)	47,988(360)
Кислотность, мг КОН/100 см³ бензина, не более	0,3/1,0	0,3/1,0
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	—60	—60
Иодное число, г I_2/100 г бензина, не более	6,0/10,0	2,0
Содержание, %, не более:		
ароматических углеводородов	35/—	35/—
серы	0,03/0,05	0,03/0,05
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
механических примесей и воды	Отсутствие	

Продолжение

Показатель	Б-95/130	Б-91/115
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	4	3
Прозрачность	Прозрачный	
Цвет	Желтый	Зеленый
Содержание *п*-оксидифениламина, %	0,002—0,005	0,002—0,005
Период стабильности, ч, не менее	12/8	12/8
Плотность при 20 °С	Не нормируется. Определение обязательно	

* В числителе приведены значения для марки первого сорта, в знаменателе — второго сорта.

Примечания.

1. Для бензина Б-91/115, получаемого на основе компонента каталитического крекинга, иодное число — не более 10 г I_2/100 г и содержание фактических смол — не более 4 мг/100 см³.
2. Для бензина Б-91/115 первого сорта, получаемого прямой перегонкой, октановое число — не менее 91,5 (моторный метод).
3. Для бензинов, выработанных из бакинских нефтей, допускается содержание *п*-оксидифениламина 0,004—0,010%, на базе бензинов каталитического крекинга — не менее 0,004%.
4. С 1 мая по 1 октября нижний предел давления насыщенных паров не служит браковочным признаком, за исключением бензинов, отгружаемых на длительное хранение.
5. Для бензинов, сдаваемых после длительного хранения (более двух лет), при определении фракционного состава по ГОСТ 2177—82 допускаются отклонения для температур выкипания перегонки 10 и 50% (об.) на 2 °С и 90% (об.) на 1°С. Бензины после длительного хранения допускается сдавать с периодом стабильности не менее 2 ч.
6. Примечания 1—5 не распространяются на бензин, предназначенный для экспорта.
7. Для бензинов с добавлением базового компонента крекинга теплота сгорания низшая должна быть не менее 43157 кДж/кг (10300 ккал/кг).
8. Плотность определяется для бензинов, предназначенных для экспорта.

Б-91/115, получаемого на базе бензина каталитического риформинга, позволило отменить промывку всасывающей системы двигателя от смолистых отложений. Улучшилось одновременно и качество бензина каталитического крекинга за счет использования цеолитсодержащего катализатора, что позволило снизить содержание непредельных углеводородов в бензине, а следовательно, и его склонность к окислению, повысить детонационную стойкость бензина.

В качестве высокооктановых компонентов авиационных бензинов используют: алкилат (алкилбензин), содержание которого в бензине Б-95/130 достигает 70%, в небольшом объеме технический изооктан и ароматические углеводороды, преимущественно толуол, а также пиробензол и алкилбензол. Алкилат

получают алкилированием изобутана бутенами или их смесью с пропиленом, технический изооктан — каталитической полимеризацией бутенов с последующим гидрированием полученного технического диизобутена. Для получения толуола используют процессы ароматизации гептановой фракции прямогонного бензина и пиролиз бензино-керосиновых прямогонных фракций с последующим его выделением четкой ректификацией из получаемых продуктов. Алкилбензол получают каталитическим алкилированием бензола олефинами газов крекинга. В табл. 1.3 приведены характеристики компонентов авиационных бензинов. Как следует из данных таблицы, алкилат и технический изооктан выкипают в широких температурных пределах, соответствующих пределам выкипания авиационных бензинов (40—180 °С). Уже температурные пределы выкипания пиробензола (80—175 °С) и алкилбензола (105—180 °С), а толуол выкипает в пределах 1—2 °С (109—110 °С).

Если фракционный состав и другие физико-химические свойства алкилата и технического изооктана позволяют вовлекать их в базовые бензины с целью получения авиационных бензинов в очень широких пределах, то объем добавляемых в базовые бензины ароматических углеводородов строго ограничен. Лимитирующими факторами являются пределы их выкипания, прежде всего, толуола и алкилбензола, а также содержание ароматических углеводородов в авиационных бензинах высшей категории качества, что обусловлено их повышенной склонностью к нагарообразованию. Нежелательно вовлекать в базовый бензин относительно большое (более 10%) количество пиробензола с высоким содержанием бензола ($t_{пл}$=5,5 °С), поскольку возможно повышение температуры начала кристаллизации товарного авиационного бензина сверх допустимого (не выше —60 °С). К бензинам, получаемым на базе бензинов прямой перегонки, разрешается добавлять не более 20% толуола и 10% пиробензола, а к бензинам на основе каталитического крекинга — не более 6% ароматических углеводородов (толуола, алкилбензола или пиробензола).

Авиационный бензин Б-91/115 получают преимущественно на базе бензина каталитического риформинга с добавлением 30—40% алкилата (или технического изооктана) и 8—15% толуола. В бензине Б-91/115, получаемом на основе прямогонного бензина нафтенового основания и имеющего более высокие октановые числа и сортность, чем у бензина риформинга, содержание алкилата колеблется в пределах 12—21%. Для приготовления авиационного бензина Б-91/115 на основе бензина каталитического крекинга к базовому бензину добавляют 15—20% алкилата, 10—30% легкого бензина прямой перегонки и не более 6% ароматических углеводородов, преимущественно толуол.

Таблица 1.3. Характеристики компонентов авиационных бензинов

Показатель	Алкилат высшей категории качества (ТУ 38 101372—84)	Толуол нефтяной (ГОСТ 14710—78)	Алкилбензол (ГОСТ 7166—54)	Пиробензол (ОСТ 38 01105—75)	Изооктан технический (ГОСТ 4095—75)
Внешний вид	Прозрачная и бесцветная жидкость	Прозрачная жидкость без посторонних примесей	Прозрачная и бесцветная жидкость		
Детонационная стойкость, октановое число, не менее:					
моторный метод	91,5	—	99,0	—	90,0
исследовательский метод	93	—	—	—	—
Фракционный состав, °С:					
н. к., не ниже	40	110	105	80	40
10% (об.), не выше	75	—	120	95	80
50% (об.), не выше	105	—	—	110	115
90% (об.), не выше	130	—*	97,5	155	140
к. к., не выше	180	111	180	175	180
остаток и потери в сумме (%), не более	2,5	—	2,0	—	2,5
остаток (%), не более	1,5	—	1,0	1,0	1,5
Давление насыщенных паров, кПа, не более	46,655	—	—	—	46,663
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	0,3	—	1,0	—	0,3
Иодное число, г I_2/100 г, не более	0,4	—	10,0	—	1,0
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	2	—	2	—	2
Содержание, %:					
серы, не более	0,02	—	0,02	0,02	0,02
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	Отсутствие		
механических примесей и воды	Отсутствие	—	Отсутствие		
ароматических углеводородов, не менее	Отсутствие	—	—	90	—
Испытание на медной пластинке	Выдерживает				
Плотность, кг/м³	—	864—867	—	—	—
Степень очистки: окраска с серной кислотой в номерах образцовой шкалы, не более	—	0,2	—	4	—
pH водной вытяжки	—	Нейтральная	—	—	—
Испаряемость	—	Испаряется без остатка			
Температура застывания, °С, не выше	—	—	—60	—18	—

* 98% (об.) перегоняется в пределах 0,8 °С.

Авиационный бензнн Б-95/130 по сравнению с бензином Б-91/115 нмеет более высокое значение сортности и, учитывая ограничения по содержанню ароматических углеводородов, при компаундированни в него добавляют алкилат в количестве 30—70%.

Предполагается перейти на единый сорт авиацнонного бензина типа Б-92 с пониженным (до 2 г/кг) содержаннем ТЭС н без нормировання сортностн.

Ассортимент, состав и качество автомобильных бензинов

Автомобильные бензины вырабатывают 4 марок (ГОСТ 2084—77): А-72, А-76, АИ-93 и АИ-98. Цифры означают миннмальные октановые числа бензина по моторному методу для А-72 н А-76 и по исследовательскому — для АИ-93 и АИ-98 (октановое число последних по моторному методу — не ниже 85 и 89 соответственно). Бензнн А-72 вырабатывают только в неэтилированном виде, остальные — в неэтилированном и этнлированном. По отраслевым на ряде нефтеперерабатывающих предприятий выпускают бензин А-72 в этилированном виде, но его производство в ближайшие годы должно быть прекращено. В небольших объемах по отдельным техническим условиям вырабатывают неэтилированный бензин «Экстра» с октановым числом 95 по исследовательскому методу.

Для отличня неэтилированных бензинов от этилированных последние окрашивают. Цвет марки бензина, нанменованне и концентрация жирорастворимого краснтеля должны соответствовать следующим нормам:

Марка бензина	Цвет	Краснтель (концентрацня, мг/кг)
А-76*	Желтый	Желтый К (6±0,1)
АИ-93	Оранжево-красиый	Темно-красный Ж (5±0,1)
АИ-98	Синий	Ярко-синий антрахиноновый (5±0,1)

* Для бензина А-76 разрешается использовать краситель желтый Ж в концентрации 4±0,1 мг/кг.

Характеристики автомобильных бензинов представлены в табл. 1.4.

Автомобнльные бензины, за исключением бензина АИ-98, подразделяют на летний и зимний виды:

летний предназначен для применения во всех районах страны, кроме северных и северовосточных, в период с 1 апреля по 1 октября и в южных районах — в течение всех сезонов;

зимний, предназначенный для примененния в течение всех сезонов в северных н северовосточных районах страны и в остальных районах с 1 октября по 1 апреля.

Таблица 1.4. Характеристики автомобильных бензинов (ГОСТ 2084—77)

Показатель	А-72	А-76*	АИ-93*	АИ-98*
Детонациоииая стойкость, октаиовое чвсло, не менее:				
моториый метод	72	76	85	89
исследовательский метод	Не нормируетси		93	98
Содержание свиица, г/дм³, ие более	—	—/0,17	—/0,37	—/0,37
Фракциониый состав, °С:				
н. к., ие иижe:				
летний вид	35	35	35	35
зимний вид		Не нормируется		
10% (об.), ие выше:				
летний вид	70	70	70	70
зимний вид	55	55	55	—
50% (об.), ие выше:				
летний вид	115	115	115	115
зимний вид	100	100	100	—
90% (об.), ие выше:				
летний вид	180	180	180	180
зимний вид	160	160	160	—
к. к., ие выше:				
летний вид	195	195	195	195
зимний вид	185	185	185	—
Остаток в колбе, %, ие более	1,5	1,5	1,5	1,5
Остаток и потери, %, ие более	4,0	4,0	4,0	3,5/4,0
Давление иасыщенных паров бензииа, кПа (мм рт. ст.):				
летний вид, ие более	66,7 (500)	66,7 (500)	66,7 (500)	66,7 (500)
зимний вид	66,7—93,3 (500—700)	66,7—93,3 (500—700)	66,7—93,3 (500—700)	—
Кислотность, мг КОН/100 см³, ие более	3,0	1,0/3,0	0,8/3,0	1,0/3,0

Продолжение

Показатель	А-72	А-76*	АИ-93*	АИ-98*
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более:				
на месте производства	5	3/5	Отсутствие/5	3/5
на месте потребления	10	8/10	2/7	5/7
Индукционный период на месте производства бензина, мин, не менее	600	1200/900	1200/900	1300/900
Содержание серы, %, не более	0,12	0,02/0,1	0,01/0,1	0,05/0,1
Испытания на медной пластинке	Выдерживает			
Содержание:				
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
механических примесей и воды	Отсутствие			
Плотность при 20 °С	Не нормируется. Определение обязательно			

* Приведенные через дробь значения соответствуют: числитель — марке высшей категории качества, знаменатель — первой категории качества.

Примечания.

1. Для городов и районов, а также предприятий, где запрещено применение этилированных бензинов, предназначаются только неэтилированные бензины.
2. Допускается вырабатывать бензин для применения в южных районах со следующим фракционным составом: 10% (об.) перегоняется при температуре не выше 75 °С, 50% (об.) — не выше 120 °С.
3. Для бензинов, изготовленных с применением компонентов каталитического риформинга, допускается температура конца кипения не выше 205 °С (летний вид) и не выше 195 °С (зимний вид).
4. В автомобильные этилированные бензины, предназначенные для экспорта, краситель не добавляют; допускается бледно-желтая окраска. Содержание свинца в них не должно превышать 0,15 г/дм³, содержание меркаптановой серы (ГОСТ 17323—71) — не более 0,001%. Допускается в пределах гарантийного срока хранения (при хранении на нефтебазах, складах и автоколонках) повышение температуры, при которой перегоняется 10% (об.) бензина, на 1 °С, промежуточных температур перегонки — на 2 °С, конца кипения — на 3 °С и увеличение остатка в колбе на 0,3%.

Автомобильные бензины представляют собой смесь различных компонентов, получаемых разными технологическими процессами нефтепереработки. Они различаются углеводородным и фракционным составами и, как следствие этого, детонационной стойкостью. Более низкооктановые компоненты вовлекаются в бензин А-72, прежде всего в этилированный; для получения бензинов АИ-93, особенно неэтилированного, и АИ-98 используют компоненты, обладающие высокой детонационной стойкостью. В автомобильные бензины вовлекают продукты прямой

перегонки нефти различного фракционного состава, каталитического риформинга прямогонных низкооктановых бензинов, каталитического крекинга, термического крекинга, замедленного коксования, бензины пиролиза и гидрокрекинга, газовый бензин, рафинаты от процесса получения ароматических углеводородов, технические бутаны, пентаны, гексаны, а также в качестве высокооктановых компонентов — алкилат и ароматические углеводороды.

В основной массе продукты прямой перегонки — бензин и его фракции с различными пределами выкипания — имеют низкие октановые числа, что обусловлено их углеводородным составом и температурными пределами выкипания. Как правило, чем легче фракция, тем больше октановое число. Прямогонные бензины с преимущественным содержанием парафиновых углеводородов нормального или слаборазветвленного строения имеют более низкие октановые числа по сравнению с бензинами, в составе которых превалируют нафтеновые. Содержание в бензинах прямой перегонки ароматических углеводородов обычно невелико, потому и их влияние на октановое число бензина незначительно. В табл. 1.5 приведены октановые числа прямогонных бензинов и их фракций различных нефтеперерабатывающих предприятий.

Для повышения октановых чисел прямогонных бензинов используют процесс каталитического риформинга, при котором происходит дегидрирование шестичленных нафтеновых углеводородов и дегидроциклизация нормальных и слаборазветвленных парафиновых углеводородов в ароматические, а также изомеризация парафиновых углеводородов и изомеризация пятичленных нафтеновых в шестичленные с последующим дегидрированием последних в ароматические углеводороды. Степень ароматизации и изомеризации углеводородов зависит от режима процесса: при мягком режиме риформинга содержание ароматических углеводородов в бензине составляет 35—45%, а при жестком — достигает 65—80%. С целью повышения октанового числа низкокипящих бензиновых фракций (C_5—C_6) используют процесс изомеризации, в результате которой нормальные пентан и гексан превращаются в изосоединения.

Использование процессов каталитического и термического крекинга, а также замедленного коксования для получения компонентов автомобильных бензинов позволяет увеличить ресурсы бензиновых фракций, так как сырьем для каталитического крекинга являются керосино-газойлевые атмосферные и газойлевые вакуумные фракции, а для термического крекинга и коксования — остаточные продукты (мазут и гудрон). В бензинах термических процессов (крекинга и коксования) содержится до 40% непредельных углеводородов, и потому, как отмечалось выше, они легко окисляются при хранении и приме-

Таблица 1.5. Октановые числа компонентов автомобильных бензинов

Компонент	Моторный метод	Исследовательский метод	Компонент	Моторный метод	Исследовательский метод
Бензин прямой перегонки	46,7—72,3	47,0—75,0	Бензин термического крекинга	59,0—68,8	67,0—76,1
			Бензин коксования	47,7—63,0	53,0—73,0
Фракция н. к. — 62 °С	70,0—72,0	—	Газовый бензин	65,5—70,6	—
Фракция н. к. — 85 °С	58,0—63,0	—	Рафинат	48,1—60,2	—
Фракция н. к. — 170 °С	54,0	—	Бензол	100,0—108,0	108,0—113,0
Фракция н. к. — 200 °С	42,0	—	Толуол	100,0—104,0	105,0—109,0
Фракция 62 — 85 °С	61,0	—	Высшие ароматические углеводороды	99,9	—
Фракция 62—105 °С	56,0—60,0	—	Алкилат	90,0—92,0	92,5—94,0
Фракция 62—180 °С	48,5—53,0	—	Изобутан	97,0	—
Фракция 85—140 °С	54,0	—	Изопентан	86,4—90,3	—
Фракция 105—180 °С	48,0	—	Изогексаны	69,2	—
Бензин каталитического риформинга:					
мягкий режим	70,0—79,0	74,2—87,0	*н*-Пентан	61,0	—
			Ксилолы	98,0—100,0	100,0—105,0
жесткий режим	80,7—85,4	90,6—95,0	Бензин пиролиза	78,0—86,0	93,5—99,0
Бензин каталитического крекинга	72,0—80,0	83,5—91,6	Бензин гидрокрекинга	71,0	75,0

нении с образованием смолистых продуктов и осадков. Их детонационная стойкость несколько выше, чем соответствующих им по фракционному составу прямогонных бензинов. Содержание общей серы в бензинах термических процессов достигает 0,3—0,4%, что существенно ограничивает их вовлечение в товарные бензины.

В качестве компонента автомобильных бензинов используют бензины каталитического крекинга, проводимого в одну ступень. В таких бензинах содержится до 20—30% непредельных углеводородов. Наряду с этим в процессе каталитического крекинга образуются ароматические углеводороды и их содержание в получаемом бензине выше, чем в бензинах термических процессов (до 30%). В зависимости от режима процесса, углеводородного и фракционного составов сырья октановое число бензинов каталитического крекинга колеблется в достаточно широких пределах (см. табл. 1.5). Наличие непредельных углеводородов в бензинах каталитического крекинга обусловливает их повышенную склонность к окислению, хотя по химической стабильности они превосходят бензины термических процессов. Содержание серы в бензинах каталитического крекинга, получаемых на установках, где сырье не подвергается гидроочистке, довольно высокое — до 0,3%; вовлечение этих бензинов в состав товарных ограничивается пределом 20—25%. На установках Г-43-107 и КТ-1 сырье подвергается гидроочистке, и содержание соединений серы в получаемом бензине незначительно, т. е. вовлекать его в состав товарных бензинов можно без ограничения. Кроме того, в бензинах, получаемых на этих установках, содержится меньше непредельных углеводородов, а достаточно высокое октановое число позволяет использовать эти бензины в качестве компонента неэтилированного бензина АИ-93, заменяя частично высокооктановый компонент — алкилат.

Алкилат получают, как отмечалось выше, сернокислотным алкилированием изобутана смесью *н*-бутенов и изобутена (а в отдельных случаях с добавлением пропилена), содержащихся в газах каталитического крекинга. По антидетонационным и физико-химическим свойствам алкилат — один из лучших компонентов неэтилированных автомобильных бензинов АИ-93 и АИ-98 и бензина «Экстра», вовлечение которого в их состав фактически не ограничено.

В относительно небольшом (до 6—8%) количестве и, как правило, при получении более высокооктановых, преимущественно неэтилированных, бензинов добавляют ароматические углеводороды, чаще толуол. Обычно ароматические углеводороды вводят в состав бензинов на нефтеперерабатывающих предприятиях, имеющих установки по их получению; практикуется отправка ароматических углеводородов и на другие заводы.

Рафинаты, которые остаются после выделения из продуктов

ароматизации бензола, толуола и ксилолов, состоят в основном из нормальных и малоразветвленных парафиновых углеводородов. Они имеют низкие октановые числа, особенно ксилольный (см. табл. 1.5), и их используют для приготовления этилированных бензинов, например А-72.

Автомобильный бензин одной марки, выпускаемый разными предприятиями, может иметь различный компонентный состав. Это обусловлено неодинаковым набором технологических установок, имеющихся на каждом конкретном нефтеперерабатывающем предприятии. Компонентный состав бензинов существенно влияет на равномерность распределения детонационной стойкости по их фракционному составу. Для бензинов прямой перегонки и термических процессов по мере утяжеления их фракционного состава детонационная стойкость понижается. Для бензинов каталитического риформинга, особенно жесткого режима, напротив, более высококипящие фракции, состоящие на 94—98% из ароматических углеводородов, значительно превосходят по детонационной стойкости более низкокипящие, особенно фракцию 62—100 °С, составляющую ≈1/3 бензина.

Тетраэтилсвинец выкипает при 200 °С и потому поступает в те же цилиндры, в какие поступают и более высококипящие фракции бензина, обогащенные ароматическими углеводородами. При этом создается большое различие в детонационной стойкости рабочей смеси, поступающей в разные цилиндры. В результате требования к детонационной стойкости этилированного бензина АИ-93, как правило, получаемого на базе бензина каталитического риформинга мягкого режима, по существу определяются условиями работы тех цилиндров двигателя, куда поступают более низкокипящие и низкооктановые фракции бензина, обедненные ТЭС, что приводит к завышению требований к антидетонационным свойствам бензинов.

Для бензинов каталитического крекинга, и особенно алкилата, характерно более равномерное распределение детонационной стойкости по фракциям. Их добавление к бензинам каталитического риформинга позволяет получать товарные бензины с лучшим распределением детонационной стойкости рабочей смеси по отдельным цилиндрам и снизить требования к антидетонационным свойствам бензинов, особенно не содержащих тетраэтилсвинец. Положительно сказывается и добавление изопентана, но его количество ограничивается высоким давлением насыщенных паров. Желательным компонентом бензинов каталитического риформинга мягкого и жесткого режимов, позволяющего получить неэтилированный бензин АИ-93 с равномерным распределением детонационной стойкости рабочей смеси по цилиндрам, является *трет*-бутилметиловый эфир, обладающий высокой детонационной стойкостью и имеющий температуру кипения 55 °С.

*Таблица 1.6. Средний компонентный состав автомобильных бензинов различных марок**

Компонент	А-72	А-72*	А-76	А-76*	АИ-93	АИ-93*	АИ-98
Бензин риформинга:							
мягкого режима	18,4	18,6	41,1	56,4	78,0	—	62,0
жесткого режима	—	—	—	—	—	82,5	—
Бензин прямой перегонки**	40,5	35,8	29,5	15,0	6,5	0,6	—
Бензин крекинга:							
каталитического	8,3	20,7	7,7	13,2	10,5	3,2	13,0
термического	9,5	5,9	4,3	1,1	—	—	—
Бензин коксовании	2,8	0,7	1,5	—	—	—	—
Алкилат	—	0,1	0,1	0,2	0,5	7,8	7,9
Газовый бензин	4,7	3,1	3,9	4,5	1,7	—	—
Бензин гидроочистки	0,6	1,3	3,2	0,3	0,2	—	—
Углеводороды до C_4	0,3	1,9	0,2	1,5	0,1	0,4	—
н-Пентан	} 1,0	—	} 1,4	} 0,9	} 1	—	—
Изопентан		} 2,4				3,6	9,6
Изогексаны	—		} 0,3	} 0,1	—	—	—
н-Гексан	0,5	—			—	—	—
Ароматические углеводороды	0,3	4,2	0,8	2,4	0,5	1,7	7,5
Пиробензин	0,5	0,1	0,7	0,2	—	0,2	—
Рафинат	12,5	5,2	5,3	4,2	1,0	—	—

* Бензины, не отмеченные звездочкой — этилированные, со звездочкой — не этилированные.

** В том числе прямогонные фракции различных пределов выкипания.

Равномерность распределения детонационной стойкости бензинов по фракциям в соответствии с комплексом методов квалификационной оценки автомобильных бензинов контролируется по октановым числам двух фракций, выкипающих до 100 °С и выше. Отношение этих октановых чисел, найденных по исследовательскому методу, называют *коэффициентом распределения детонационной стойкости*. Оно должно быть не ниже 0,8 для бензина А-76 и не ниже 0,75 — для бензина АИ-93.

В табл. 1.6 приведен средний компонентный состав автомобильных бензинов различных марок.

РЕАКТИВНЫЕ ТОПЛИВА

Современная авиация в основном оснащена воздушно-реактивными двигателями (ВРД). В этих двигателях топливо в камеру сгорания подается непрерывно, и вследствие этого процесс горения протекает постоянно. Лишь для запуска двигателя используют постороннее зажигание. Также непрерывно поступает в камеру сгорания ВРД и воздух, требуемый для сжигания топлива, предварительно сжатый и нагретый в компрессоре. Газообразные продукты сгорания из камеры сгорания направля-

ются в турбину, где часть тепловой энергии превращается в механическую работу вращения колеса турбины, от вала которого приводится в движение ротор компрессора, а также топливный и масляный насосы. После турбины продукты сгорания топлива в виде газового потока проходят реактивное сопло и, расширяясь в нем, создают реактивную силу тяги, с помощью которой и осуществляется полет самолета.

В ВРД топливо из баков самолета под небольшим давлением (0,02—0,03 МПа) подается подкачивающим насосом через систему фильтров тонкой очистки к основному топливному насосу-регулятору высокого давления (0,8—1,0 МПа). С помощью последнего топливо, проходя через форсунки, распыливается в камерах сгорания в нагретый и сильно завихренный воздушный поток, что обеспечивает увеличение поверхности испарения топлива и равномерное распределение его паров по всему объему камеры сгорания двигателя.

В турбореактивных двигателях топливо, проходя через топливомасляный радиатор, снижает температуру смазочного масла, т. е. выполняет функцию охлаждающей среды. Помимо этого, топливо используют и для смазывания трущихся деталей топливных насосов. Кроме того, изменяя подачу топлива с помощью топливорегулирующей аппаратуры, регулируют скорость полета самолета.

Основные свойства реактивных топлив, обеспечивающие нормальную работу двигателя:

хорошая испаряемость для обеспечения полноты сгорания;

высокие полнота и теплота сгорания, предопределяющие дальность полета самолета;

хорошие прокачиваемость и низкотемпературные свойства для обеспечения подачи топлива в камеру сгорания;

низкая склонность к образованию отложений, характеризуемая высокой химической и термоокислительной стабильностью;

хорошая совместимость с материалами: низкие противокоррозионные свойства по отношению к металлам и отсутствие воздействия на резиновые технические изделия;

хорошие противоизносные свойства, обусловливающие небольшое изнашивание деталей топливной аппаратуры.

Свойства

Испаряемость. Испаряемость является одной из важнейших характеристик реактивных топлив. Она влияет на пределы устойчивого горения топлива, полноту сгорания, нагарообразование в камере сгорания двигателя, бесперебойную работу топливных насосов и склонность к образованию паровых пробок в топливной системе самолетов в условиях высотных полетов.

От испаряемости топлив зависит запуск двигателя и потери топлива от испарения при полетах на больших высотах.

Реактивные топлива имеют более широкий диапазон температур выкипания, чем топлива другого назначения. Для ВРД используют топлива различного фракционного состава: для дозвуковой авиации — типа керосина с пределами выкипания от 130—140 °С до 250—280 °С (топлива ТС-1, РТ, Т-1) и широкого фракционного состава (60—280 °С), представляющее собой бензино-керосиновую фракцию (топливо Т-2), и для сверхзвуковой авиации — топлива Т-8В, выкипающее в пределах 165—280 °С, и Т-6 с пределами выкипания от 195 до 315 °С.

Облегчение фракционного состава реактивных топлив, как и бензинов, положительно сказывается на запуске двигателя, улучшает условия сгорания топлива, повышает эффективность горения и стабильность пламени, улучшает его низкотемпературные свойства (снижается температура начала кристаллизации), увеличивает ресурсы топлива. Наряду с этим при облегчении фракционного состава реактивных топлив увеличивается опасность образования паровых пробок в топливной системе самолета, ухудшается работа топливного насоса (возникает кавитация), повышаются потери топлива от испарения, понижается объемная теплота его сгорания и ухудшаются противоизносные свойства. Улучшение испаряемости топлива, достигаемое при облегчении его фракционного состава, повышает скорость испарения распыливаемой струи топлива и способствует расширению пределов воспламеняемости на бедных смесях. Утяжеление фракционного состава реактивных топлив позволяет увеличить их объемную теплоту сгорания и ресурсы и улучшить противоизносные свойства, а также снизить потери от испарения, но одновременно повышает склонность топлива к нагарообразованию, снижает полноту испарения и, как следствие, полноту сгорания, ухудшает низкотемпературные свойства.

Снижение степени влияния испаряемости реактивных топлив на работу двигателя достигается чисто конструктивными мерами, что позволяет использовать на реактивных двигателях топлива, различные по испаряемости. При этом температура начала кипения топлива характеризует прежде всего его склонность к образованию паровых пробок в топливной системе, а также пусковые свойства, температура выкипания 10% (об.) — пусковые свойства, а 98% (об.) — полноту испарения, определяющую полноту сгорания топлива.

Учитывая аэродинамический нагрев топлива в баках самолета, имеющий место при их сверхзвуковом полете, во избежание образования паровых пробок в топливной системе, регламентируются более высокие значения температуры начала кипения топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов.

Полнота и теплота сгорания реактивных топлив. С понижением полноты сгорания топлива склонность его к нагарообразованию в двигателе возрастает. Нагар отлагается на сопле форсунки, на стенках камеры сгорания, на лопатках турбины. Нагарообразование в двигателе крайне нежелательно. Отложения нагара на форсунках изменяют форму струи распыливаемого топлива, вследствие чего ухудшаются условия его распыливания

и испарения, а также нарушается распределение температур вдоль пространства сгорания. Нагарообразование на лопатках турбины вызывает их децентрирование и выход из строя. Частицы нагара, отделяясь от стенок камеры сгорания и вместе с газами попадая на лопатки турбины, вызывают их эрозию.

Наличие в пламени сажистых частиц (продуктов неполного сгорания топлива) вызывает его свечение, что связано с излучением тепла пламенем, приводящим к повышению температуры стенок камеры сгорания, местному их короблению и прогару.

В качестве показателей, характеризующих горение реактивных топлив, используют: высоту некоптящего пламени и люминиометрическое число. Кроме того, склонность реактивных топлив к нагарообразованию в двигателе и свечению пламени оценивают по содержанию в них ароматических и нафталиновых углеводородов.

Комплексом методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено определение их склонности к нагарообразованию на однокамерной установке. С повышением высоты некоптящего пламени *H* склонность топлива к нагарообразованию снижается:

H, мм	12	18	21	23	26	30	43
Масса нагара в двигателе, г	7,5	4,8	3,2	1,8	1,6	0,5	0,4

Значения люминометрического числа реактивных топлив и высота их некоптящего пламени зависят от углеводородного и фракционного составов топлива. Наиболее низкие значения этих показателей имеют нафталиновые, нафтено-ароматические и моноциклические ароматические углеводороды, а наиболее высокие, снижающиеся с увеличением молекулярной массы и разветвлением молекулы, — парафиновые. Склонность реактивных топлив к нагарообразованию в значительной мере определяется конструкцией камеры сгорания двигателя.

Удельный расход топлива в реактивных двигателях определяет дальность полета самолета. Он снижается с увеличением полноты сгорания топлива, а также с повышением низшей теплоты его сгорания. Для различных условий эксплуатации самолетов более важное значение имеет массовая, либо объемная теплота сгорания. Так, поскольку объем топливных баков для дозвуковой авиации строго не ограничен, основное значение имеет массовая теплота сгорания. В сверхзвуковых самолетах, где объем топливных баков жестко лимитирован, превалирующее значение приобретает объемная теплота сгорания. Для всех марок реактивных топлив стандартами и техническими условиями регламентируется массовая теплота сгорания. Значения объемной теплоты сгорания топлива регламентируют косвенно, так как она представляет собою произведение массовой тепло-

Таблица 1.7. Низшая теплота сгорания углеводородов реактивных топлив 10^{-3} $Q_р^н$

Пределы выкипания фракций, °С	Парафиновые углеводороды		Нафтеновые углеводороды		Моноциклические ароматические углеводороды	
	кДж/кг	кДж/л	кДж/кг	кДж/л	кДж/кг	кДж/л
100—150	45,1—43,8	33,2—32,3	43,3—41,8	35,5—31,05	41,6—41,1	35,6—34,3
150—200	44,8—43,9	34,15—31,9	43,5—42,3	36,0—32,2	41,9—40,4	37,5—34,7
200—250	44,6—43,8	35,8—33,7	43,7—42,3	36,3—31,9	41,6—41,3	38,0—36,0
250—300	43,8—43,05	34,6—34,4	43,2—42,3	37,0—32,9	41,8—40,9	39,1—36,2

ты сгорания топлива на его плотность. Для топлив, предназначенных для сверхзвуковой авиации, необходимо иметь более высокие значения объемной теплоты сгорания. Поэтому плотность таких топлив устанавливается на более высоком уровне, чем топлив для дозвуковой авиации.

Теплота сгорания топлив определяется углеводородным составом (табл. 1.7). Массовая теплота сгорания обусловливается отношением водорода и углерода (Н/С): наибольшее для парафиновых и наименьшее для ароматических углеводородов. По мере увеличения молекулярной массы парафиновых углеводородов, т. е. повышения их температуры кипения, массовая теплота сгорания снижается, а для ароматических углеводородов, если увеличение их молекулярной массы имеет место за счет боковых алкильных групп, наоборот, повышается. Рис. 7 иллюстрирует зависимость массовой теплоты сгорания углеводородов от их строения.

Объемная теплота сгорания углеводородов зависит от их массовой теплоты сгорания и от плотности. Ароматические углеводороды имеют наиболее высокие значения плотности, особенно нафталиновые, их объемная теплота сгорания существенно выше, чем нафтеновых и парафиновых углеводородов. В отличие от массовой теплоты сгорания плотность углеводородов од-

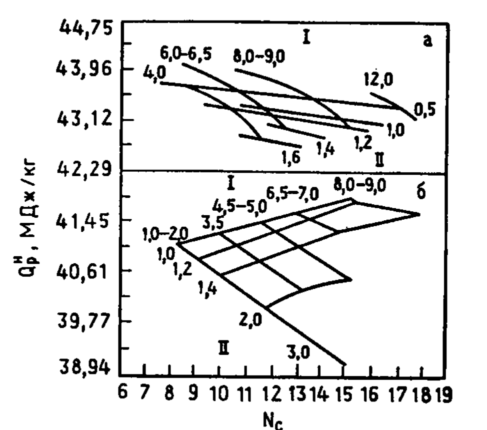


Рис. 7. Зависимость теплоты сгорания $Q_р^н$ парафино-нафтеновых (*а*) и ароматических (*б*) углеводородов от их строения и числа атомов углерода в молекуле N_C:

I — число атомов углерода в боковых цепях; *II* — число колец

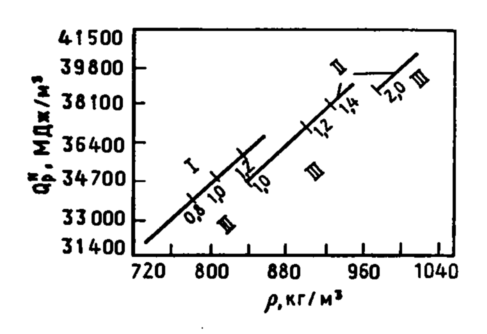


Рис. 8. Зависимость теплоты сгорания $Q_р^н$ парафино-нафтеновых и ароматических углеводородов от их строения и плотности ρ:

I — парафино-нафтеновые углеводороды; *II* — ароматические углеводороды; *III* — число колец

ной и той же молекулярной массы зависит от строения углеводородов, поэтому значения объемной теплоты сгорания изомеров равной молекулярной массы могут заметно различаться. На рис. 8 представлена зависимость объемной теплоты сгорания углеводородов от их плотности и строения. Влияние массовой (кДж/кг) и объемной (кДж/л) теплот сгорания реактивных топлив на относительную дальность полета самолета иллюстрируют следующие данные (за 100% принята дальность полета на топливе Т-1, образец 1):

	ρ_{20}, кг/м³	$Q_р^н$, 10^{-3} кДж/кг	$Q_р^н$, 10^{-3} кДж/л	Дальность полета, %
Т-1:				
образец 1	810	42,8	35,5	100
образец 2	800	42,8	34,2	98,8
ТС-1	775	42,8	33,2	95,6

Прокачиваемость — способность бесперебойной подачи топлива в строго определенном объеме. Прокачиваемость реактивных топлив при их перекачках и заправке самолетов, а также по топливной системе самолета и двигателя, включая фильтруемость через фильтры, определяется в основном вязкостью топлив, наличием в них примесей и воды, а также образованием паровых пробок в топливной системе самолета (см. выше).

При положительных температурах вязкость реактивных топлив не лимитирует их прокачиваемость. При охлаждении вязкость топлив возрастает и может достичь значений, при которых нормальная заправка самолетов топливом и его подача в двигатель могут быть нарушены. Прокачка высоковязких топлив по топливной системе самолета и двигателя сопровождается высокими гидравлическими потерями, уменьшением производительности подкачивающих топливных насосов, нарушением нормальной работы топливорегулирующей аппаратуры, снижением давления впрыска топлива и ухудшением качества его распыливания в камеру сгорания, т. е. снижением полноты сгорания.

Отрицательные последствия высокой вязкости топлива проявляются не только для топлив, предназначенных для дозвуковой авиации, но и для топлив сверхзвуковых самолетов при перекачках и заправке, в условиях взлета и набора высоты, а

также в тех случаях, когда температура топлива не успевает повыситься, например при аэродинамическом нагреве фюзеляжа самолета при сверхзвуковом полете. Степень повышения вязкости с понижением температуры зависит от исходной вязкости топлива, причем чем выше его вязкость при положительной температуре, тем резче она возрастает при снижении температуры, т. е. тем круче вязкостно-температурная кривая. Такая зависимость особенно заметно проявляется у ароматических углеводородов и в меньшей степени — у парафиновых, и прежде всего малоразветвленных и нормального строения.

Конструктивное оформление топливных систем самолетов и двигателей различно, поэтому их нормальная работа может лимитироваться разными значениями вязкости топлива. Как правило, вязкость реактивных топлив регламентируют при двух температурах: +20 и —40°С. Для всех реактивных топлив, кроме топлива Т-6, во избежание повышенного износа топливной аппаратуры, ограничивают нижний предел вязкости при 20°С. Ограничение вязкости при 20°С для топлива Т-6 по верхнему пределу обусловлено вязкостно-температурной зависимостью, определяющей максимальное значение вязкости этих топлив при —40°С. На рис. 9 представлена вязкостно-температурная зависимость для реактивных топлив различных марок.

В виде твердой фазы в топливах могут содержаться кристаллы углеводородов, преимущественно парафиновых, и льда, а также механические примеси, представляющие собой продукты коррозионного воздействия топлив на конструкционные материалы. В топливо при его прохождении по топливной системе двигателя могут попасть твердые вещества, образующиеся при окислении нагретого топлива. Наличие твердой фазы в топливе отражается, прежде всего, на его фильтруемости, определяемой как размерами частиц твердой фазы, так и величиной пор фильтрующего элемента и конструкцией фильтра.

Выпадение кристаллов углеводородов из топлив при их охлаждении обусловлено ограниченной растворимостью в топливах *н*-парафиновых углеводородов.

Температура, при которой из реактивных топлив выделяют-

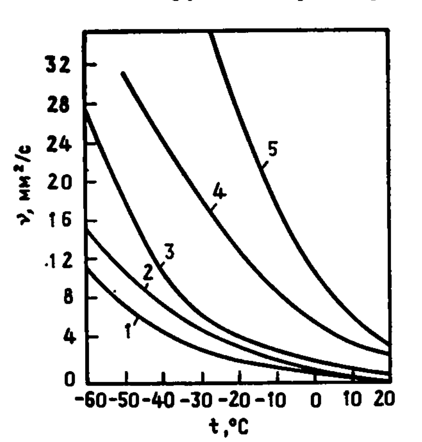
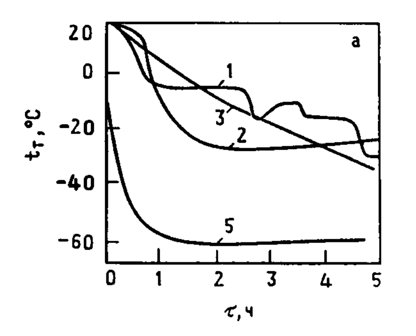


Рис. 9. Зависимость кинематической вязкости ν от температуры *t* для реактивных топлив:

1 — Т-2; *2* — ТС-1; *3* — Т-1; *4* — Т-6 по ТУ; *5* — Т-6 по ГОСТ

ся кристаллы *н*-парафиновых углеводородов — *температуры начала кристаллизации* — зависит от содержания и температуры плавления *н*-парафиновых углеводородов: она возрастает с повышением молекулярной массы или температуры кипения *н*-парафиновых углеводородов. Реактивные топлива, получаемые из нефтей парафинового основания и содержащие в связи с этим повышенное количество *н*-парафиновых углеводородов по сравнению с топливами, вырабатываемыми из нефтей нафтенового основания, при одинаковом фракционном составе имеют более высокие температуры начала кристаллизации. Ранее, согласно стандарту, температура начала кристаллизации реактивных топлив не должна была превышать —60 °С. Для обеспечения такой температуры начала кристаллизации реактивных топлив, получаемых из нефтей парафинового основания необходимо было снижать конец их кипения. Этим обстоятельством, прежде всего, и объясняется более низкий конец кипения топлива ТС-1 (не выше 250 °С), получаемого, как правило, из сернистых парафинистых нефтей, по сравнению с топливами других марок. Многолетний опыт переработки нефтей парафинового основания показал, что для получения топлива ТС-1 с температурой начала кристаллизации не выше —60 °С приходится снижать конец кипения их до 220—240 °С.

Максимально допустимая температура начала кристаллизации реактивных топлив обусловлена условиями их применения и конструкцией топливной системы самолетов. На самолетах с дозвуковой скоростью полета топливо охлаждается во время полета, и степень охлаждения зависит от исходной температуры топлива, дальности и высоты полета (температуры окружающей среды), а также от места расположения топливных баков (фюзеляжные, крыльевые или консольные, подвесные). Иллюстрацией этому могут служить рис. 10 и рис. 11.



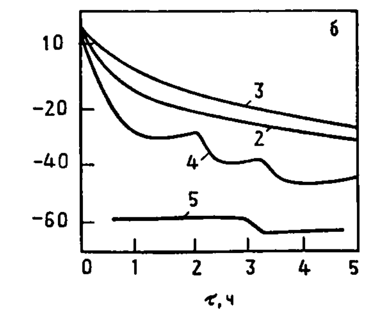


Рис. 10. Зависимость температуры топлива $t_т$ от длительности полета τ:
а — самолет «Комета IV»; *б* — самолет «Боинг-707»; *1—3* — температуры топлива в трубопроводе, наружном баке и во внутреннем баке соответственно; *4* — температура воздуха около бака; *5* — температура наружного воздуха

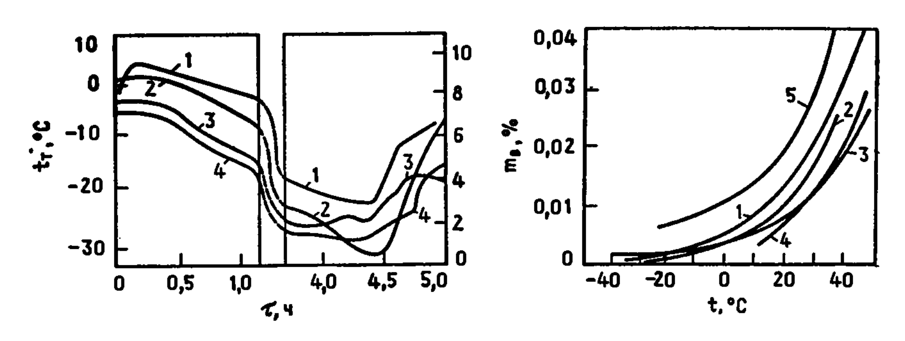


Рис. 11. Зависимость температуры топлива $t_т$ от длительности полета τ:
1 — перед фильтром тонкой очистки; *2—4* — в баке I, II и III очереди выработки соответственно

Рис. 12. Зависимость количества растворенной воды $m_в$ от температуры *t* в различных топливах:
1, 4 — ТС-1 (образец 1 и 2); *2, 3* — Т-1 (образец 1 и 2); *5* — Б-100/130

При заправке самолетов топливом, имеющим температуру в пределах от —5 до +17 °С, после 5-ти часового полета самолета температура топлива снижалась максимум до —35 °С. Более низкие значения минимальной температуры топлива были зафиксированы при полетах самолетов ИЛ-62М и ТУ-154 на внутрисоюзных линиях — минус 42 в расходном баке самолета ТУ-154 и минус 48 °С в расходных баках, питающих крайние двигатели самолета ИЛ-62М. Температура топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов, в полете повышается, и только при их заправке, а также при взлете и наборе высоты она равна температуре окружающей среды.

Реактивные топлива необходимо вырабатывать с большим запасом по температуре конца кипения, чтобы обеспечить температуру начала кристаллизации не выше —60 °С. Повышение $t_{н.кр}$ до —55° и тем более до —50 °С позволит получать реактивные топлива с более высокой температурой конца кипения, а следовательно, увеличит их ресурсы. Одновременно увеличится плотность топлива и объемная теплота сгорания. Приведенные ниже данные иллюстрируют изменение потенциального содержания реактивных топлив в нефти при повышении температуры начала кристаллизации:

$t_{н.кр}$, °С	—60	—55	—50
Потенциальное содержание в нефти, % (отн.):			
нижневартовской	100	122	133
западно-тэбукской	100	105	121

Кристаллы льда могут образовываться в реактивных топливах при отрицательных температурах в результате замерзания воды, присутствующей в топливе в эмульсионном или растворенном

рением состоянии либо конденсирующейся из воздуха на поверхности топлива. Кристаллы льда могут также попадать в топливо извне в виде инея, осыпающегося со стенок резервуаров и баков самолета. При подаче топлива по топливной системе самолета кристаллы льда задерживаются на топливном фильтре и, накапливаясь, вначале частично, а затем полностью забивают его, и подача топлива в камеру сгорания нарушается или прекращается. Забивка фильтров кристаллами льда зависит от содержания воды в топливе и размера пор самолетных фильтров:

Размер пор фильтров, мм	12—16	20—30	40—50	100
Содержание H_2O, при котором фильтры забиваются кристаллами льда, % (масс.)	0,0020	0,0035	0,0065	0,0100

Растворимость воды в топливах зависит от их углеводородного и фракционного состава и от температуры. Наибольшую растворимость имеют ароматические углеводороды и наименьшую — парафиновые; с увеличением молекулярной массы углеводородов растворимость воды в них понижается и наиболее интенсивно в ароматических углеводородах. С повышением температуры топлив растворимость в них воды возрастает и тем в большей степени, чем выше температура топлива (рис. 12).

Для предотвращения образования кристаллов льда и растворения инея в них вводят антиводокристаллизационные присадки (до 0,3% в зависимости от температуры топлива) непосредственно на местах применения. В качестве таких присадок широко используют этилцеллозольв (жидкость «И»), тетрагидрофурфуриловый спирт (ТГФ) и их 50%-е смеси с метанолом (присадки И-М и ТГФ-М). Их вводят преимущественно в зимнее время, а летом — в тех случаях, когда продолжительность полета самолета превышает 5 ч и топливо успевает охладиться до отрицательных температур.

Механические примеси или микрозагрязнения в реактивных топливах в условиях эксплуатации авиационной техники могут: засорять и заклинивать прецизионные пары топливорегулирующей аппаратуры, забивать топливные фильтры и форсунки, способствовать увеличению отложений в агрегатах топливных систем, повышать абразивный износ деталей топливных агрегатов, усиливать коррозию топливного оборудования, оказывать каталитическое воздействие на окисление топлива в зонах повышенных температур, способствовать накоплению статического электричества при перекачках и фильтровании топлива.

Загрязнение топлива механическими примесями имеет место: на нефтеперерабатывающих предприятиях (примеси, попадающие из нефти в процессе ее переработки, продукты коррозии оборудования), при транспорте (продукты коррозии стенок

железнодорожных цистерн, загрязнения, попадающие в цистерны из воздуха при наливе и сливе топлива), на аэродромных складах горючего (продукты коррозии стальных и оцинкованных внутренних поверхностей складского оборудования, продукты износа перекачивающих средств, почвенная пыль и влага из окружающего воздуха при «больших» и «малых» дыханиях резервуаров), в баках и топливной системе самолета (пыль из воздуха при заправке открытым способом и путем создания избыточного давления воздухом, в топливных баках во время полета, при взлете и посадке, продукты коррозии конструкционных материалов топливной системы и твердые продукты окисления топлива, а также ингредиенты резиновых технических изделий и герметиков, вымываемых из них топливом).

Состав механических примесей в топливах непостоянен и определяется источниками загрязнений. В состав неорганической части (62—74%) входят продукты коррозии и износа (Fe, Sn, Cu, Ti, Mn, Cd), почвенная пыль, в которой присутствуют Si, Ca, Mg, Al и Na. Органическая часть загрязнений (от 22 до 30%) состоит из смолистых веществ, твердых продуктов окисления топлив, ингредиентов резиновых технических изделий и герметиков и в основном содержит углерод, кислород и водород. Механические примеси включают до 4—8% воды. Для удаления воды и загрязнений топлива фильтруют на нефтеперерабатывающих предприятиях, в аэродромных условиях и в топливной системе самолетов. В зависимости от исходной степени загрязнения топлива в топливорегулирующую систему двигателя поступает от 0,42 до 9,2 г/т механических примесей. Наличие механических примесей определяется визуально (отсутствие) либо гравиметрическим методом (ГОСТ 10577—78), при этом их содержание в отгружаемом с завода топливе не должно превышать 0,003%.

Склонность к образованию отложений. Отложения в реактивных топливах — это продукты различного характера, образующиеся в результате окислительных процессов, которые протекают в топливе при разных температурах. В реактивных топливах практически нет непредельных углеводородов, и склонность их к окислению при температуре окружающей среды, имеющей место при длительном хранении топлив, или их химическая стабильность обусловливается степенью окисления углеводородов других классов, а также наличием в них гетероатомных соединений (серо-, кислород- и азотсодержащих). Среди этих соединений присутствуют природные антиоксиданты, обладающие антиокислительными свойствами, в условиях умеренных (до 50—60 °С) температур, например некоторые сульфиды, и соединения с повышенной склонностью к окислению, например меркаптаны. Однако при нагреве топлив до 100 °С и выше

эффективность природных антиоксидантов резко снижается, и топлива окисляются с образованием соединений, растворимых в топливе и выпадающих из него в виде смолистых веществ и твердых осадков. Склонность топлив к окислению при повышенных температурах с образованием таких продуктов, прежде всего осадков, характеризуется *термоокислительной стабильностью**.

Термоокислительная стабильность прямогонных реактивных топлив улучшается при удалении из них гетероатомных соединений в результате гидроочистки. Однако при гидроочистке из топлива удаляется не только основная масса соединений серы (меркаптаны — полностью), но и природные антиоксиданты, в результате химическая стабильность топлива ухудшается: повышается склонность его к окислению в условиях хранения и при повышенных температурах. Степень окисления гидроочищенных топлив определяется их углеводородным составом: наиболее склонны к окислению нафтено-ароматические углеводороды и углеводороды с третичным атомом углерода в молекуле. Первичными продуктами окисления, как правило, являются гидропероксиды, которые быстро, особенно при повышенных температурах, подвергаются дальнейшему окислению с образованием растворимых в топливе кислородсодержащих соединений нейтрального и кислотного характера.

Столь же интенсивно окисляются реактивные топлива, полученные с использованием других гидрогенизационных процессов (гидрокрекинг, глубокое гидрирование, гидродеароматизация и гидродепарафинизация). Несмотря на то, что при окислении реактивных топлив, полученных гидрогенизационными процессами, твердые осадки не образуются, длительному хранению и применению такие топлива не подлежат. Это связано с тем, что образующиеся гидропероксиды разрушают резиновые технические изделия и герметики, используемые в топливной системе самолетов, а кислотные продукты корродируют конструкционные материалы. Для повышения химической стабильности гидрогенизационных реактивных топлив (РТ, Т-8В, Т-6) в них на местах производства вводят антиоксидант — ионол (2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол) в концентрации 0,003—0,004%. В таких концентрациях он полностью предотвращает окисление гидрогенизационных топлив и хранить их можно в течение 10 лет. Высокую эффективность ионол сохраняет и при повышенных температурах (до 150—160 °С), в связи с чем все гидрогенизационные реактивные топлива с содержанием 0,003—0,004% ионола обладают высокой термоокислительной стабильностью. Степень окисления гидроочищенного реактивного топлива при его хранении в течение ≈50 сут при 60 °С иллюстрируется следующими данными (числитель — для топлива без присадки, знаменатель — для топлива с добавкой 0,003% ионола):

Длительность хранения, сут	Содержание гидропероксидов, 10^4 моль/л	Кислотность, мг КОН/100 см³	Содержание адсорбционных смол, мг/100 см³
Исходное	0,88	0,54	13
12	10,80/1,30	0,89/0,58	43/15
24,5	48,25/1,80	1,34/0,68	64/20
35,5	87,50/5,00	1,60/0,70	310/20
48,5	142,00/6,25	4,60/0,75	595/20

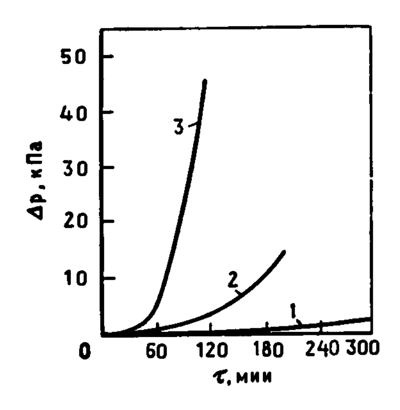
Оценивают термоокислительную стабильность реактивных топлив в статических и динамических условиях. В комплексе методов квалификационной оценки для топлив ТС-1 и Т-1 установлены менее жесткие по сравнению с топливами РТ, Т-8В и Т-6 нормы по термоокислительной стабильности, определяемой как в статических условиях (масса осадка, прибор ТСРТ-2, ГОСТ 11802—66), так и в динамических (перепад давления на фильтре и отложения на трубке, установка ДТС-1, ГОСТ 17751—72); это свидетельствует о достаточно низком их качестве по этому показателю:

	Масса осадка, мг/100 см³	Перепад давления на фильтре, кПа	Отложения на трубке, балл
Т-1	⩽35	⩽50 за 4 ч	⩽2
ТС-1	⩽18	⩽50 за 5 ч	⩽2

Косвенным показателем, характеризующим термоокислительную стабильность реактивных топлив, является содержание в них фактических смол (по массе остатка в стаканчике после испарения топлива в струе воздуха или водяного пара). В зависимости от марки топлива их содержание не должно превышать 3—6 мг/100 см³.

Удаление гетероатомных соединений из прямогонных топлив с помощью гидроочистки существенно повышает их термоокислительную стабильность. Введение в топливо предварительно выделенных адсорбционным методом из него гетероатомных соединений резко ухудшает его термоокислительную стабильность (рис. 13). Окисление топлив при повышенных температурах ускоряется за счет каталитического воздействия металлов и сплавов, применяемых для изготовления топливных агрегатов, особенно меди, бронзы и латуни (рис. 14). Наиболее «опасная» температурная зона (140—190 °С), в пределах которой масса осадков, образующихся при окислении топлив, и скорость забивки ими фильтров максимальные — от 140 до 190 °С (рис. 15).

* Используемый в стандартах на реактивные топлива термин «термическая стабильность» неправилен, так как в отсутствие кислорода топлива при температурах до 200—250 °С разложению не подвергаются.



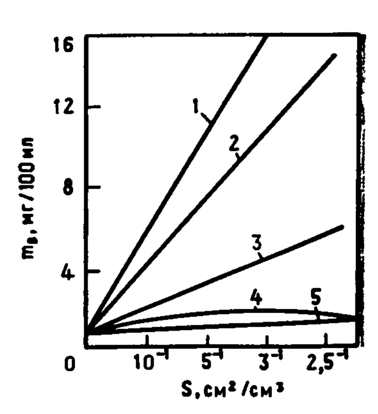


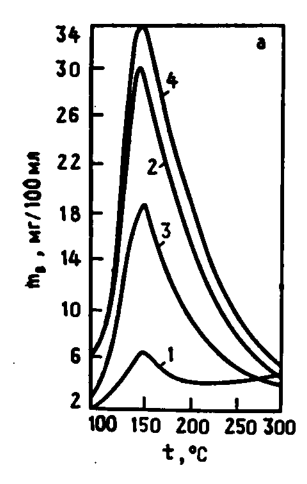
Рис. 13. Зависимость термоокислительной стабильности (перепада давления на фильтре Δp от времени испытаний τ) от количества гетероатомных соединений:

1 — товарное топливо; *2* — то же, с 38 мг/100 мл гетероатомных соединений; *3* — то же, с 150 мг/100 мл гетероатомных соединений

Рис. 14. Зависимость термоокислительной стабильности (по массе осадка $m_о$) топлива ТС-1 при 150 °С от поверхности контакта с металлами S:

1 — медь; *2* — бронза; *3* — латунь Л-68; *4* — дюралюминий Д-1; *5* — сталь 12ХН3А

Совместимость с материалами. Реактивные топлива при их хранении, транспорте и применении могут корродировать материалы (металлы и сплавы), воздействовать на резиновые технические изделия и герметики, применяемые в топливной системе самолетов. Коррозионное воздействие на стенки камеры сгорания и лопатки газовой турбины или газовую коррозию способны оказывать и продукты сгорания реактивных топлив.



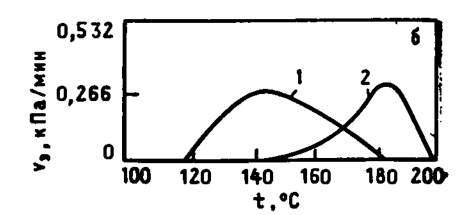


Рис. 15. Зависимость термоокислительной стабильности реактивных топлив от температуры t:

а — масса осадка $m_о$ при окислении в бомбе: *1* — ТС-1; *2* — Т-1; *3, 4* — ТС-1 и Т-1 в присутствии бронзы соответственно; *б* — средняя скорость забивки фильтра $v_з$: *1* — Т-1; *2* — ТС-1

Различают три вида коррозии, обусловленной воздействием реактивных топлив в жидкой фазе: химическую, электрохимическую и биохимическую. Химическая коррозия протекает при непосредственном химическом взаимодействии коррозионно-активных веществ, содержащихся в топливе, в первую очередь с цветными металлами или сплавами, из которых изготовлены детали агрегатов топливной системы двигателя. Степень коррозионного воздействия топлива зависит от характера и количества гетероатомных соединений, содержащихся в топливе, температуры и продолжительности контакта топлива с материалами и их составом.

Химическая коррозия металлов и сплавов обусловливается, прежде всего, наличием в реактивных топливах активных гетероатомных соединений (меркаптанов) и кислородсодержащих соединений кислотного характера. Кроме того, в топливе, полученном гидроочисткой, возможно присутствие очень коррозионно-агрессивных сероводорода и свободной серы. Последняя вызывает интенсивную коррозию роторов топливных насосов, изготовленных из бронзы, но не воздействует на другие детали топливной аппаратуры, цинковые или кадмиевые покрытия. Коррозионный процесс вначале сопровождается «разъеданием» поверхности бронзы, затем на ней образуются значительные коррозионные отложения черного цвета — сульфид меди. Эти отложения в последующем откалываются от поверхности и скапливаются в топливе в виде осадка, забивающего затем фильтрующие элементы, проходные сечения топливных регуляторов, форсунок и других деталей.

Влияние свободной серы и меркаптанов на коррозионную агрессивность реактивных топлив при 120 °С иллюстрируется следующими данными:

Содержание в топливе серы/меркаптанов, %	Коррозия бронзы ВБ-24, г/м²
Топливо ТС-1	
0,001/0,002	0,5
0,001/0,003	0,8
0,002/0,006	2,5
0,004/0,002	7,2
Топливо Т-2	
0,004/0,003	6,5

Наибольшему коррозионному воздействию меркаптанов подвергаются медь и ее сплавы. С повышением температуры коррозионная агрессивность меркаптанов возрастает, особенно в отношении бронзы. При повышенных (⩾150 °С) температурах коррозию конструкционного материала могут вызывать не только меркаптаны, но и продукты их окисления — сульфокислоты, причем более интенсивно.

Ввиду высокой коррозионной агрессивности меркаптанов, их содержание в реактивных топливах строго ограничивается.

Основная масса соединений серы, содержащихся в реактивных топливах, полученных прямой перегонкой сернистых нефтей (сульфиды, дисульфиды, тиофены и тиофаны), не вызывает коррозии топливной аппаратуры двигателей при температурах 100—140 °С, но при температурах ⩾150 °С сульфиды расщепляются с образованием коррозионно-активных соединений — меркаптанов и сероводорода, а при ⩾200 °С — дисульфидов и тиофанов.

Под влиянием органических кислот, содержащихся в топливах, в большей степени корродируют медь и ее сплавы, затем цинк, магний и низколегированные стали. Алюминий и дюралюминий кислотной коррозии не подвергаются.

Электрохимическая коррозия материалов реактивными топливами имеет место при наличии в них нерастворенной или эмульсионной воды, выпадающей из топлива при его охлаждении. Наиболее сильно электрохимическая коррозия проявляется в отношении низколегированной стали, из которой изготавливают складские резервуары, а также бронзы ВБ-23НЦ (ее применяют для изготовления роторов топливных насосов вместо бронзы ВБ-24, очень чувствительной к коррозионному воздействию меркаптанов). Стальные детали топливных агрегатов изготовляют из легированных сталей, менее чувствительных к электрохимической коррозии.

Электрохимическая коррозия стенок и дна резервуаров и выполненных из стали деталей топливных агрегатов проявляется в виде отдельных пятен ржав-

чины, местных потемнений и незначительных по глубине очагов. Коррозия сталей сопровождается образованием мелкодисперсных коричневых частиц, состоящих в основном из гидроксида железа. Эти твердые частицы находятся во взвешенном состоянии, но, оседая, могут забить фильтры и топливные агрегаты, а также заклинить плунжерные пары топливных насосов. Электрохимическая коррозия наиболее опасна для кадмиевых покрытий, ранее широко используемых при изготовлении различных деталей топливной системы двигателя.

Наличие в реактивном топливе эмульсионной воды при повышенных температурах (40—50 °С) является причиной *биохимической коррозии*, обусловленной присутствием в топливе микроорганизмов. Максимальный рост микроорганизмов, как правило, наблюдается на поверхности раздела воды и топлива. Наиболее характерна биохимическая коррозия для топливных отсеков, на стенках которых обнаруживается коричневый слизистый осадок, представляющий собой микрозагрязнения топлив, воду и бактерии. При этом наблюдается разрушение полимерных защитных покрытий топливных отсеков и питтинговая коррозия на поверхности алюминия, иногда настолько глубокая, что топливо просачивается и обнаруживается на поверхности крыла. Активная жизнедеятельность микроорганизмов проявляется в тропических зонах, где высокие температуры сочетаются с большой влажностью воздуха. Для предотвращения жизнедеятельности микроорганизмов за рубежом при применении реактивных топлив в тропических странах в них вводят биоцидные присадки.

Газовая коррозия, химическая по характеру, обусловлена наличием в продуктах сгорания топлива диоксида серы SO_2 и оксидов ванадия, молибдена и натрия. Концентрация SO_2 в продуктах сгорания топлива зависит от содержания в нем соединений серы:

Содержание, %:				
серы в топливе	0,07	0,19	0,29	0,38
SO_2 в продуктах сгорания	0,004	0,009	0,014	0,019

При 800 °С коррозионная стойкость хромоникелевых сталей, используемых для изготовления лопаток газовой турбины, при наличии SO_2 в продуктах сгорания падает. При более высоких температурах под действием SO_2 никель, входящий в состав стали, образует сульфид, который способствует развитию межкристаллитной коррозии, а отлагаясь на поверхности, он образует с никелем легкоплавкую эвтектику (температура плавления 625 °С), в месте образования которой металл плавится и выгорает, в результате чего образуются очаги коррозии.

Скорость газовой коррозии и температура, при которой она начинается, зависит от содержания серы в топливе:

Содержание серы в топливе, %	0,01	0,015	0,07	0,13	0,15
Скорость коррозии, г/(м²·ч)	0,75	1,25	2,10	4,90	4,90
Температура начала коррозии, °С	1040	1030	1015	965	960

Содержание меркаптанов в реактивных топливах жестко регламентируют в виду того, что они способствуют интенсивной химической коррозии, общее содержание серы строго ограничивают из-за опасности газовой коррозии.

Наличие ванадия в реактивном топливе приводит к газовой коррозии лопаток турбины. Он может присутствовать в виде сложных высокомолекулярных азотсодержащих соединений — порфиринов (более типично наличие этих соединений в газотурбинном и котельном топливах). Соединения натрия могут попадать в топливо с пылью из окружающего воздуха или вследствие недостаточной промывки топлива водой после его щелочной очистки, применяемой в отдельных случаях для снижения кислотности топлива или удаления из него сероводорода. К низкоплавким соединениям относится и оксид молибдена MoO_3, образующийся при сгорании топлив, содержащих его соединения. Наличие порфиринов возможно в топливах, полученных прямой перегонкой нефти; соединения молибдена, а также кобальта, никеля и цинка могут попасть в реактивные топлива, прошедшие обработку в присутствии катализаторов, содержащих эти элементы. В комплексе методов квалификационной оценки реактивных топлив предусмотрено спектральное определение перечисленных элементов и установлено предельно допустимое их содержание (не более 10^{-5}%).

Воздействие реактивных топлив на резиновые технические изделия, применяемые в топливной системе самолетов и двигателей (манжеты, втулки, прокладки и т. д.), и герметики, приводящие к их старению (потеря эластичности и формы, появление трещин и выкрашивание), отмечается в присутствии гидропероксидов — продуктов окисления топлив. Природные антиокислители (например, в прямогонных топливах) или введенные в гидрогенизационные топлива (ионол) предотвращают окислительные процессы в топливах, тем самым и воздействие топлив на резиновые технические изделия и герметики. Можно применять более стойкие к окислению резины. В соответствии с комплексом методов квалификационной оценки степень воздействия топлива на резиновые технические изделия и тиоколовые герметики оценивают по пределу прочности и относительному удлинению резины, ее работоспособности, а также изменению твердости герметика.

Противоизносные свойства. В процессе эксплуатации реактивных двигателей возможен повышенный износ деталей и узлов агрегатов топливной аппаратуры, связанный с трением, абразивным воздействием топливной среды и кавитацией.

Повышенный износ деталей топливных насосов-регуляторов (качающего узла и регулирующей части) увеличивает зазор в прецизионных парах и приводит к утечке топлива через зазоры, при этом снижается производительность насосов и изменяется режим работы двигателя. Эксплуатация двигателя нарушается и в результате заклинивания плунжерных и золотниковых пар насоса из-за попадания в них продуктов износа. Износ сфер плунжеров топливных насосов-регуляторов плунжерного типа, установленных на двигателях большинства типов самолетов, — наиболее характерный дефект. Поверхность сфер срабатывается вплоть до образования заусенцев на краях поверхности

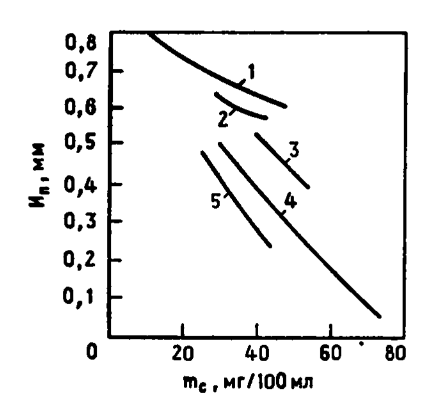
плунжера и скалываний. Чрезмерный износ сфер плунжеров приводит к снижению максимальной производительности насоса, неравномерности подачи топлива и дополнительным нагрузкам, сокращающим срок службы насоса-регулятора.

Износ трущихся деталей и узлов агрегатов топливной аппаратуры предотвращается при надежной смазке, осуществляемой самим топливом. В связи с этим топливо должно обладать хорошими смазывающими, или противоизносными свойствами, обеспечивающими длительный ресурс топливной аппаратуры реактивных двигателей.

Противоизносные свойства предусмотрено контролировать комплексом методов квалификационной оценки и испытаниями по 1 этапу. Топливо однократно прокачивают на серийном насосе-регуляторе НР-21Ф-2 на типичных эксплуатационных режимах и нагрузках в диапазоне температур от 20—40 до 120 °С. Противоизносные свойства топлива определяют по средней величине износа сферы 9-ти плунжеров и беговой дорожки наклонной шайбы. Вначале испытания проводили поэтапно по 5 ч общей продолжительностью 100 ч, при этом на одно испытание расходовалось 120 т топлива. В настоящее время за счет ужесточения режима испытаний их продолжительность составляет 50 ч и расход топлива 27 т.

Оценивают противоизносные свойства на модельных установках: на лабораторном стенде с узлом трения на основе насоса-регулятора НР-21Ф-2 (для топлив всех марок), на приборах УПС-01 и ПСГ-2 и на стенде СИССТ-1 (только для гидрогенизационных топлив).

Противоизносные свойства реактивных топлив зависят от вязкости топлив, содержания в них меркаптанов и обусловливаются наличием поверхностно-активных веществ, способных



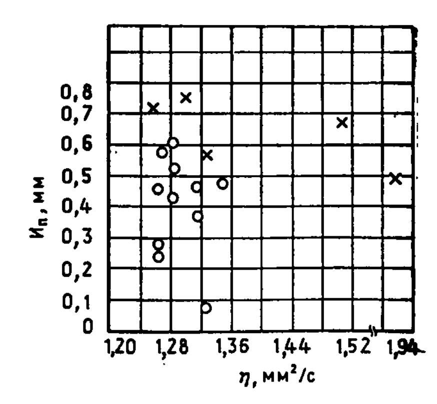


Рис. 16. Зависимость износа сфер плунжеров И$_п$ от содержании в топливе ТС-1 адсорбционных смол m_c при различном содержании меркаптанов:

1 — гидроочищенное топливо; *2* — 0,0068% меркантановой серы; *3* — 0,0051—0,0052% меркаптановой серы; *4* — 0,003—0,0034% меркаптановой серы; *5* — 0,0004—0,0009% меркаптановой серы

Рис. 17. Взаимосвязь износа сфер плунжеров И$_п$ и вязкости реактивных топлив η при 20 °С:

О — топливо ТС-1; Х — гидроочищенное топливо

Таблица 1.8. Показатели противоизносных свойств топлив ТС-1 до (числитель) и после (знаменатель) их защелачивания

Номер образца	Вязкость при 20 °С, мм²/с	Кислотность, мг КОН/100 см³	Износ, мм*	
			сфер плунжеров	шайбы
1	1,33/1,30	0,26/0,17	0,30/0,68	0,05/0,19
2	1,30/1,27	0,37/0,26	0,25/0,46	0,06/0,12
3	1,35/1,40	0,32/0,27	0,30/0,48	0,06/0,08

* Топливо прокачивают через насос-регулятор НР-21Ф-2 в течение 100 ч.

адсорбироваться на поверхности трущихся пар, предотвращая их износ. Наличие поверхностно-активных веществ в топливах и их способность адсорбироваться на поверхности трущихся пар определяют по содержанию и характеру адсорбционных смол, выделенных из топлива методом адсорбции.

Влияние адсорбционных смол на противоизносные свойства топлив иллюстрируется зависимостями, представленными на рис. 16. Прямогонные топлива ТС-1 имеют лучшие противоизносные свойства, чем гидроочищенные (при гидроочистке не только удаляется значительная часть гетероатомных соединений, но изменяется их структура, в результате чего их поверхностно-активные свойства менее выражены, рис. 17). Меркаптаны увеличивают износ сфер плунжеров (см. рис. 16).

Наиболее эффективно улучшают противоизносные свойства реактивных топлив гетероатомные соединения кислотного характера (частично удаляемые при защелачивании), что подтверждается данными табл. 1.8 для топлива ТС-1.

Топливо, получаемое прямой перегонкой нефти и имеющее кислотность не более 0,7 мг КОН/100 см³ (максимально допустимая величина) защелачиванию не подвергается.

При вязкости реактивных топлив, изменяющейся в пределах 1,26—1,98 мм²/с при 20 °С, она практически не влияет на их противоизносные свойства (рис. 17). Это объясняется, прежде всего, отмеченным выше существенным влиянием на противоизносные свойства реактивных топлив содержащихся в них гетероатомных соединений, а также малым различием вязкостей таких топлив при повышенных температурах (100—120 °С), имеющих место при использовании реактивных топлив на реальной топливной аппаратуре (рис. 18). При вязкости реактивного топлива менее 1,26 мм²/с при 20 °С его противоизносные свойства заметно ухудшаются.

Влияние на износ сфер плунжеров температуры топлива иллюстрируют зависимости, представленные на рис. 19 (реактивное топливо прокачивалось через насос-регулятор НР-21Ф-2 в течение 100 ч).

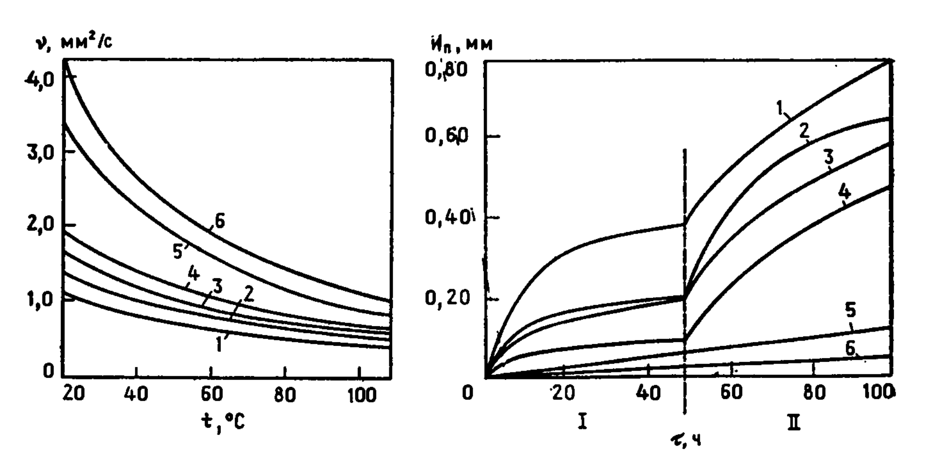


Рис. 18. Зависимость кинематической вязкости ν реактивных топлив от температуры *t*:

1 — Т-2; *2* — ТС-1 и РТ; *3* — Т-1; *4* — Т-8В; *5* — Т-6 по ТУ; *6* — Т-6 по ГОСТ

Рис. 19. Зависимость износа сфер плунжеров $И_п$ от длительности испытания реактивных топлив τ:

1—3 — гидроочищенные топлива вязкостью 1,31, 1,52, 1,94 мм²/с соответственно; *4—6* — топлива ТС-1, Т-1 и РТ соответственно; *I* — холодный этап; *II* — горячий этап

На топливе, обладающем низкими противоизносными свойствами, основной износ имеет место на «горячих» этапах, когда вязкостные свойства всех топлив, за исключением Т-6, сближаются. Но и на «холодных» этапах основное влияние на износ сфер плунжеров оказывает не вязкость топлива, а содержащиеся в нем гетероатомные соединения и их характер. Особенно сильно их влияние проявляется при испытаниях топлив Т-1 и РТ, износ сфер плунжеров на которых за 100 ч испытаний, включая «горячие» этапы, составил 0,10 и 0,05 мм соответственно. В топливе Т-1 содержится 60—120 мг/100 мл адсорбционных смол, в топливе ТС-1 — 10—60 мг/100 мл, а в гидроочищенном топливе — до 20 мг/100 мл. Топливо РТ содержит 0,003% присадки «К», вводимой в гидрогенизационные топлива для улучшения их противоизносных свойств.

Существенное влияние вязкости реактивных топлив на их противоизносные свойства проявляется при ее значении при 20 °С более 4 мм²/с (что соответствует ≈1,0 мм²/с при 120 °С). Это характерно для топлива Т-6, вырабатываемого по ГОСТ 12308—80. Износ сфер плунжеров за 100 ч испытаний на этом топливе не превышает 0,15—0,20 мм. Вязкость топлива Т-6, выпускаемого по ТУ 38 101629—82 (⩽3,5 мм²/с), не обеспечивает требуемых противоизносных свойств.

Степень износа сфер плунжеров зависит от материала, из которого они изготовлены (табл. 1.9). Сталь Х12М более износоустойчива, чем сталь ХВГ, поэтому в последнее время плунжеры изготавливают из стали Х12М.

Таким образом, хорошие противоизносные свойства реактивных топлив обусловливаются, прежде всего, наличием в них гетероатомных соединений, часть которых, особенно соединения кислотного характера, обладает поверхностно-активными свойствами. С этой точки зрения нежелательно удаление из топлив гетероатомных соединений. Однако последние при повышенных температурах (⩾100 °С) легко окисляются с образованием осадков, т. е. являются основной причиной низкой термоокислительной стабильности реактивных топлив, получаемых прямой перегонкой нефти. Для ее улучшения, а часто и для обессеривания прямогонные топлива подвергают гидроочистке. В результате ухудшаются их противоизносные свойства и химическая стабильность. Поэтому в реактивные топлива, получаемые гидроочисткой и другими гидрогенизационными процессами, вводят кроме антиокислителя противоизносную присадку. Наиболее эффективной является присадка «К» в концентрации 0,002—0,004%. При такой концентрации кислотность топлив, полученных с использованием гидрогенизационных процессов, не превышает 0,7 мг КОН/100 см³, что не сказывается отрицательно на других эксплуатационных свойствах топлив. Износ сфер плунжеров насосов-регуляторов при их испытаниях в течение 100 ч на гидрогенизационных топливах различных марок, содержащих 0,002—0,004% присадки «К», составляет в среднем 0,02—0,05 мм, т. е. не превышает 0,1 мм.

Косвенно противоизносные свойства регламентируются кислотностью, нижний предел которой для топлив РТ, Т-8В и Т-6 (по ТУ 38 101560—80), составляет 0,4 мг КОН/100 см³.

Таблица 1.9. Влияние материала плунжеров на износ сфер (топлива ТС-1 в условиях эксплуатации)

Номер образца	Тип насоса и материал плунжеров	Число исследованных насосов	Продолжительность работы насосов, ч	Износ, мм	
				сфер плунжеров	плунжеров*
1	НР-14 (ХВГ)	1	120	0,05	0,107
	НР-14 (Х12М)	1	246	0,05	0,050
2	НР-14 (ХВГ)	12	109—200	0,28—0,60	0,600
	НР-14 (Х12М)	3	244—248	0,04—0,05	0,047
	НР-22 (Х12М)	3	182—194	0,07—0,08	0,088
	НР-54 (Х12М)	3	182—194	0,04—0,05	0,055
3	НР-14 (ХВГ)	2	142—149	0,02—0,27	0,244
	НР-14 (Х12М)	2	249	0,01	0,006
4	НР-22 (Х12М)	4	140—250	0,13—0,23	0,194
	НР-21 (Х12М)	4	140—250	0,00—0,05	0,040
5	НР-14 (ХВГ)	7	197—245	0,14—0,50	0,400
6	НР-14 (ХВГ)	9	153—248	0,27—0,50	0,379
	НР-14 (Х12М)	1	248	0,05	0,050

* Средний, приведенный к 250 ч износ.

Ассортимент, состав и качество реактивных топлив

Реактивные топлива вырабатывают для самолетов дозвуковой авиации по ГОСТ 10227—86 и для сверхзвуковой по ГОСТ 12308—80, ТУ 101629—82 и ТУ 38 101560—80. Согласно ГОСТ 10227—86 предусмотрено производство четырех марок топлива: ТС-1, Т-1, Т-2 и РТ (табл. 1.10). Однако в настоящее время практически вырабатывают топлива двух марок — ТС-1 (высшей и первой категории качества) и РТ (высшей категории качества); в небольшом объеме производят топливо Т-1 (первой категории качества).

Топливо ТС-1 — продукт прямой перегонки сернистых нефтей парафинового основания или малосернистых высокопарафиновых нефтей с пределами выкипания 130—250 °C (вследствие высокого содержания в таких нефтях парафиновых углеводородов невозможно получать топливо Т-1 с температурой конца кипения 280 °C и плотностью не менее 800 кг/м³). Из-за наличия большого количества парафиновых углеводородов в нефтях, используемых для получения топлива ТС-1, для обеспечения требуемой стандартом температуры начала кристаллизации, как отмечалось выше, необходимо снижать температуру конца кипения; как следствие этого снижаются плотность и вязкость.

Дистилляты, получаемые из нефтей парафинового основания, содержат немного нафтеновых кислот, что, как правило, удовлетворяет требованиям стандарта по кислотности (поэтому они не подвергаются защелачиванию и водной промывке). Однако в дистиллятах нефтей Урало-Поволжского месторождения содержание меркаптанов, а в дистиллятах некоторых нефтей и общее содержание соединений серы превышает допустимые стандартом пределы (0,005% меркаптановой и 0,25% общей серы). Эти дистилляты подвергают гидроочистке, в результате которой удаляются сернистые и другие гетероатомные соединения, и получают топливо, обладающее высокой термоокислительной стабильностью. Дистилляты парафиновых нефтей вследствие наличия в них гетероатомных соединений, преимущественно кислородсодержащих (в меньшем количестве, чем в топливе Т-1), обладают недостаточно высокой термоокислительной стабильностью, что ограничивает на 25—30% срок службы того же двигателя НК-8. В связи с этим, гидроочистку широко применяют в тех случаях, когда содержание в дистиллятах общей и меркаптановой серы соответствует требованиям стандарта.

Наряду с гидроочисткой для дистиллятов, в которых содержание меркаптановой серы превышает установленную для топлива ТС-1 норму, а общее содержание серы находится в пределах требований стандарта, используют процессы демеркаптанизации — Мерокс и обработку дистиллята цинковыми соединениями.

Таблица 1.10. Характеристика топлив для реактивных двигателей (ГОСТ 10227—86)

Показатель	ТС-1*	Т-1	Т-2	РТ
Плотность при 20 °C, кг/м³, не менее	780 (775)	800	755	775
Фракционный состав, °C:				
н. к.	≤150	≤150	≥60	135—155
10% (об.), не выше	165	175	145	175
50% (об.), не выше	195	225	195	225
90% (об.), не выше	230	270	250	270
98% (об.), не выше	250	280	280	280
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 20 °C, не менее	1,30 (1,25)	1,50	1,05	1,25
при —40 °C, не более	8	16	16	16
Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43120(42900)	42900	43100	43120
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	25	20	25	25
Кислотность, мг КОН/100 см³	≤0,7	≤0,7	≤0,7	0,4—0,7
Иодное число, г I_2/100 г топлива, не более	2,5 (3,5)	2,0	3,5	0,5
Температура, °C:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	28	30	—	28
начала кристаллизации, не выше	—60	—60	—60	—55
Термическая стабильность в статических условиях при 150 °C: содержание осадка, мг/100 см³, не более:				
в течение 4 ч	8 (10)	18	10	—
в течение 5 ч	18	—	—	6
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	3 (5)	6	5	4
Содержание, %, не более:				
ароматических углеводородов	22	20	22	22
общей серы	0,20 (0,25)	0,10	0,25	0,10
меркаптановой серы	0,003(0,005)	—	0,005	0,001
водорастворимых кислот, щелочей, сероводорода, мыл нафтеновых кислот, механических примесей и воды	Отсутствие			
Испытание на медной пластинке (100 °C, 3 ч)	Выдерживает			
Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,003	0,003

Продолжение

Показатель	ТС-1*	Т-1	Т-2	РТ
Взаимодействие с водой, балл, не более:				
состояние поверхности раздела	1	—	—	1
состояние разделенных фаз	1	—	—	1
Удельная электрическая проводимость, пСм/м:				
при температуре заправки, не менее	50	—	50	50
при 20 °С, не более	600	—	600	600
Содержание суммы водорастворимых щелочных соединений	Отсутствие			

* В скобках приведены значения показателей для ТС-1 первой категории качества, отличные от значений для высшей категории качества.

Примечания.

1. Для топлива Т-2 регламентируется давление насыщенных паров при 37,8 °С — не более 133 гПа (100 мм рт. ст.).
2. Для топлива РТ: термическая стабильность в статических условиях при 150 °С при окислении в течение 5 ч — не более 30 мг/100 см³ растворимых смол и не более 3 мг/100 см³ нерастворимых смол; термическая стабильность в динамических условиях при 150—180 °С — перепад давления на фильтре за 5 ч — не выше 10 кПа; отложения на подогревателе — не более 2 баллов; содержание нафталиновых углеводородов — не более 1,5% (масс.); люминометрическое число — не ниже 50.
3. Удельная электрическая проводимость нормируется только для топлив с антистатической присадкой «Сигбол».
4. Топливо РТ для климатической зоны I_I изготавливают с $t_{н.кр}$<—60 °С, с $t_{н.кр}$> >—60 °С (но не выше —55 °С) предназначено для применения во всех климатических зонах за исключением зоны I_I (ГОСТ 16350—80).
5. Для топлива ТС-1, предназначенного для всех климатических зон за исключением зоны I_I (ГОСТ 16350—80), допускается $t_{н.кр}$<—55 °С для марки высшей категории качества и $t_{н.кр}$<—50 °С — первой категории качества. Топливо для климатической зоны I_I вырабатывают по согласованию с потребителем. В топливе после длительного (более 3 лет) хранения допускается отклонение от норм: кислотность — на 0,1 мг КОН/100 см³; содержание фактических смол — на 2 мг/100 см³; содержание осадка при определении термической стабильности в статических условиях — на 2 мг/100 см³.
6. По требованию потребителей топливо Т-1 должно выпускаться плотностью при 20 °С не менее 810 кг/м³.

В процессе Мерокс содержащиеся в дистилляте меркаптаны окисляются в дисульфиды кислородом воздуха в присутствии специального катализатора, чувствительного к нефтяным кислотам. Поэтому перед демеркаптанизацией дистиллят подвергают защелачиванию и водной промывке, и продукт вследствие этого обладает низкими противоизносными свойствами, для улучшения которых в него добавляют 0,002% присадки «К».

Обработку дистиллятов цинковыми соединениями проводят в адсорбционном режиме (при 160—200 °С) или в режиме катализа (280—300 °С). В первом варианте меркаптаны адсорбируются на поверхности цинковых солей, что требует регенерации адсорбента после его насыщения меркаптанами. С одной стороны, это ограничивает срок службы цинковых солей, с другой, не позволяет использовать дистилляты с большим содержанием меркаптанов (не более 0,01% меркаптановой серы). Кроме меркаптанов на поверхности цинковых солей адсорбируются нефтяные кислоты и другие поверхностно-активные вещества, содержащиеся в дистилляте, и вследствие этого ухудшаются его противоизносные свойства. Поэтому демеркаптанизированный дистиллят смешивают с исходным в соотношении 1 : 1, но и при полном удалении меркаптанов из дистиллята их содержание в смесевом продукте, т. е. в топливе ТС-1, может достигать 0,004—0,005%.

В режиме катализа происходит расщепление меркаптанов с образованием сероводорода, поэтому цинковые соединения могут работать достаточно длительный срок и на сырье, содержащем более 0,01% меркаптановой серы. Но так как содержание сероводорода в топливе недопустимо, демеркаптанизированный в режиме катализата дистиллят подвергают защелачиванию и водной промывке либо тщательной стабилизации. Наряду с меркаптанами расщеплению подвергаются и поверхностно-активные соединения, что ухудшает противоизносные свойства демеркаптанизированного продукта, и его также смешивают в соотношении 1 : 1 с исходным дистиллятом. Если на нефтеперерабатывающем предприятии перерабатывают разные нефти, в дистиллятах которых содержание меркаптанов выше и ниже нормы, используют смеси таких дистиллятов. Это позволяет подвергать демеркаптанизации фракции с содержанием >0,01% меркаптановой серы. При выработке топлива ТС-1 на предприятиях, оснащенных установкой гидроочистки, эпизодически, при поступлении нефти, в дистиллятах которой >0,005% меркаптановой серы, один блок гидроочистки дизельного топлива переводят на гидроочистку дистиллята топлива ТС-1. Полученный гидрогенизат, не содержащий меркаптанов, смешивают с исходным дистиллятом в таком соотношении, чтобы содержание в смеси меркаптановой серы не превышало 0,005%, причем максимальное количество гидрогенизата в смеси не должно превышать 70% во избежание недостаточных противоизносных свойств смесевого топлива ТС-1.

Топливо Т-1 — продукт прямой перегонки малосернистых нефтей нафтенового основания с пределами выкипания 130—280 °С. Содержит большое количество нафтеновых кислот и имеет высокую кислотность, поэтому его подвергают защелачиванию с последующей водной промывкой (для удаления образующихся в результате защелачивания натриевых мыл нафтеновых кислот). Наличие значительного количества гетероатомных соединений, в основном кислородсодержащих, обусловливает, с одной стороны, относительно хорошие противоизносные свойства и достаточно приемлемую химическую стабильность топлива, с другой — плохую термоокислительную стабильность. Длительный опыт применения топлива Т-1 в авиации показал, что вследствие его низкой термоокислительной стабильности имеют место повышенные смолистые отложения в двигателе НК-8, установленном на основных типах самолетов гражданской авиации (ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-76), в результате чего резко (почти в два раза) сокращаются сроки службы двигателя. Производство топлива Т-1 очень ограничено, и оно вырабатывается только по первой категории качества.

Топливо Т-2 (первой категории качества) — продукт прямой перегонки широкого фракционного состава, выкипающий в пределах от 60 до 280 °С; содержит до 40% бензиновой фракции и потому обладает высоким значением давления насыщенных паров и низкими вязкостью и плотностью. Повышенное давление насыщенных паров топлива Т-2 создает опасность образования паровых пробок в топливной системе самолета, что ограничивает высоту его полета. Низкая вязкость обусловливает

плохие противоизносные свойства топлива, что ограничивает срок службы топливных агрегатов, а низкая плотность — дальность полета (именно в связи с этими эксплуатационными недостатками производство топлива Т-2 до сих пор не организовано).

Топливо РТ — получают гидроочисткой прямогонных дистиллятов с пределами выкипания 135—280 °С. Содержит 0,003—0,004% ионола и 0,002—0,004% присадки «К». Гидроочистку проводят на алюмокобальт- или алюмоникельмолибденовом катализаторе (разной модификации) при 300—370 °С, давлении 3,5—5,0 МПа, объемной скорости до 12 $ч^{-1}$ при соотношении водородсодержащего газа к сырью не менее 200 $м^3/м^3$ и концентрации водорода в водородсодержащем газе не менее 75%.

В качестве сырья для гидроочистки используют дистилляты парафиновых нефтей (практически топливо ТС-1) либо дистилляты тех нефтей, из которых получить топливо ТС-1 нельзя из-за повышенного содержания в них меркаптановой или общей серы. Чтобы удовлетворить требования к качеству топлива РТ по температуре начала кристаллизации (не выше —55 °С, а для зоны I_1 не выше —60 °С), температуру конца кипения для топлива РТ, как и для топлива ТС-1, как правило, ограничивают 220—230 °С.

В состав топлива РТ иногда вовлекают до 20% так называемого денормализата. Это продукт, полученный депарафинизацией на цеолите фракции от 200 до 305—310 °С или от 200 до 270—280 °С, подвергнутой предварительно глубокой гидроочистке. Обладая хорошими низкотемпературными свойствами ($t_{н.кр}$ ниже —50...—55 °С) и хорошей термоокислительной стабильностью, денормализат имеет достаточно высокую плотность (от 815 до 835 кг/$м^3$), но в нем содержится до 22—27% ароматических углеводородов, из них до 2—4% нафталиновых. Для получения топлива РТ его можно вовлекать в гидрогенизаты с содержанием ароматических углеводородов не более 20%. Ограничением содержания в топливе РТ денормализата является также его фракционный состав, в частности температуры начала и конца кипения (305—310 °С). Топливо РТ с содержанием до 20% денормализата имеет температуру конца кипения от 260 до 280 °С и большую плотность.

Топливо РТ полностью соответствует требованиям, предъявляемым к реактивным топливам высшей категории качества, и находится на международном уровне, превосходя его по отдельным эксплуатационным свойствам. Оно имеет высокие противоизносные свойства, химическую и термоокислительную стабильность, не агрессивно в отношении конструкционных материалов, практически не содержит меркаптанов и содержит менее 0,02 общей серы, может храниться до 10 лет без изменения качества и полностью обеспечивает ресурс работы двигателя НК-8. Следует заметить, что зарубежными спецификациями на реактивное топливо допускается максимальное содержание в нем ароматических углеводородов 25% (об.) [≈27% (масс.)] и в том числе 3,4% (об.) нафталиновых. При этом минимально допустимые значения высоты некоптящего пламени и люминометрического числа соответственно составляют 20—25 и ⩾45.

Характеристики реактивных топлив, предназначенных для сверхзвуковых самолетов — топлива Т-6, вырабатываемого по ГОСТ 12308—80 (числитель) и ТУ 38 101692—82 (знаменатель), а также топлива Т-8В, вырабатываемого по ТУ 38 101560—80, приведены в табл. 1.11.

Топлива Т-6 получают глубоким гидрированием малосернистых нефтей и продуктов их переработки (по ГОСТ 12308—80) и восточных сернистых нефтей и продуктов их переработки (по ТУ 38 101692—82).

Топливо Т-8В получают из дистиллятов прямой перегонки нефти с применением гидрогенизационных процессов.

Все топлива должны изготавливаться по технологии, которая применялась при получении образцов, прошедших государственные испытания с положительными результатами на двигателях или по комплексу методов квалификационной оценки и допущенных к применению в установленном порядке.

Топлива, предназначенные для сверхзвуковой авиации, имеют высокую термоокислительную стабильность; для повышения химической стабильности в них добавляют 0,003—0,004% ионола, а для улучшения противоизносных свойств в топливо Т-6 (по ТУ 38 101692—82) и в топливо Т-8В вводят 0,002—0,004% присадки «К». Во избежание повышенного нагарообразования при использовании топлива Т-6 содержание ароматических углеводородов в нем не должно превышать 10%.

Все реактивные топлива — диэлектрики и при перекачках и фильтровании в них может накапливаться статическое электричество, разряд которого вызывает искру и воспламенение паров топлива. По требованию потребителей во все топлива, за исключением Т-6, может вводиться антистатическая присадка Сигбол в концентрации до 0,0025%, и для контроля за ее наличием нормируется удельная электрическая проводимость топлива.

ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

Дизельное топливо предназначается для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники. Условия смесеобразования и воспламенения топлива в дизелях отличаются от таковых в карбюраторных двигателях. Преимуществом первых является возможность осуществления высокой

*Таблица 1.11. Характеристики топлив для реактивных двигателей со сверхзвуковой скоростью**

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Т-6 ГОСТ 12308—80	Т-6 ТУ 38 101629—82	Т-8В ТУ 38 101560—80
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	840	840	800
Фракционный состав, °С:			
и. к., не ниже	195	195	165
10% (об.), не выше	220	220	185
50% (об.), не выше	255	255	[*]
90% (об.), не выше	290	290	
98% (об.), не выше	315	315	280
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 20 °С	≤4,5	≤3,5	≥1,5
при —40 °С	≤60,0	≤25,0	≤16,0
Теплота сгорания низшая, не менее:			
кДж/кг	42900	42900	42900
ккал/кг	10250	10250	10250
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	20	20	20
Кислотность, мг КОН/100 см³:			
до введения присадок	≥0,5	≤0,1	—
после введения композиции присадок	—	0,4—0,7	0,4—0,7
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	—60	—60	—50
Иодное число, г I_2/100 г, не более	1,0	0,8	1,0
Термическая стабильность в статических условиях (150 °С, 5 ч): содержание, мг/100 см², не более:			
нерастворимого осадка	6	6	6
растворимых смол	75	60	[*]
нерастворимых смол	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Содержание фактических смол, мг/100 см³	6	6	4

Показатель	Т-6 ГОСТ 12308—80	Т-6 ТУ 38 101629—82	Т-8В ТУ 38 101560—80
Термическая стабильность динамическим методом при 150—180 °С:			
перепад давления на фильтре за 5 ч, МПа, не выше	—	0,01	0,01
отложения на подогревателе, баллы, не более	—	1	1
Люминометрическое число, не ниже	—	45	50
Содержание, %, не более:			
ароматических углеводородов	10	10	22
общей серы	0,05	0,04	0,1
меркаптановой серы	Отсутствие	Отсутствие	0,001
сероводорода (на месте производства)	—	Отсутствие	Отсутствие
нафталиновых углеводородов	—	0,5	2,0
водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
мыл нафтеновых кислот	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Содержание суммы водорастворимых щелочных соединений	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Испытание на медной пластинке (100 °С, 3 ч)	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,003
Взаимодействие с водой, балл, не более:			
состояние поверхности раздела	—	1	1
состояние разделенных фаз	—	1	1
Удельная электрическая проводимость, пСм:			
при температуре заправки, не менее	—	—	50
при 20 °С, не более	—	—	600

* В настоящее время на стадии оформления находится ГОСТ «Топлива термостабильные Т-6 и Т-8В для реактивных двигателей», который предусматривает объединение существующих стандартов на эти топлива и изменения отдельных показателей качества.

Примечания.

1. Для топлива Т-6 по ГОСТ 12308—80 после длительного (более 3 лет) хранения допускается отклонение от норм: кислотность — на 0,1 мг КОН/100 см³, содержание фактических смол — на 2 мг/100 см³, содержание нерастворимого осадка при определении термической стабильности в статических условиях — не более 2 мг/100 см³.

2. Для топлива Т-6 по ТУ 38 101629—82 содержание присадок контролируют на месте производства по массе присадок, введенной в каждую партию топлива; содержание нафталиновых углеводородов, термическую стабильность в динамических условиях и люминометрическое число определяют периодически заводом-изготовителем, но не реже 1 раза в 3 мес.

3. Для топлива Т-8В: содержание присадок не определяют, оно гарантируется заводом-изготовителем и указывается в паспорте; показатель «Взаимодействие с водой» не является браковочным (на срок действия технических условий), определение обязательно; показатель «Термическая стабильность динамическим методом» определяется изготовителем периодически не реже 1 раза в 3 мес; показатель «Термическая стабильность в статических условиях» — содержание осадка в течение 5 ч и содержание растворимых смол определяется изготовителем не реже 1 раза в 3 мес в партиях топлива, для которых определяется термическая стабильность динамическим методом; по требованию потребителя вырабатывают топлива с $t_{н.кр}$<—55 °С для обеспечения эксплуатации авиационной техники в климатической зоне I_1 (по ГОСТ 16350—70); показатель «Удельная электрическая проводимость» нормируется для топлива с антистатической присадкой «Сигбол».

степени сжатия (до 18 в быстроходных дизелях), вследствие чего удельный расход топлива в них на 25—30% ниже, чем в карбюраторных двигателях. В то же время дизели отличаются большей сложностью в изготовлении, большими габаритами, меньшей мощностью. Исходя из более экономичной и надежной работы, дизели успешно конкурируют с карбюраторными двигателями.

Основные требования, предъявляемые потребителями к дизельному топливу, следующие:

цетановое число, определяющее высокие мощностные и экономические показатели работы двигателя;

фракционный состав, определяющий полноту сгорания, дымность и токсичность отработанных газов двигателя;

вязкость и плотность, обеспечивающие нормальную подачу топлива, распыливание в камере сгорания и работоспособность системы фильтрования;

низкотемпературные свойства, определяющие функционирование системы питания при отрицательных температурах окружающей среды;

степень чистоты, характеризующая надежность и долговечность работы системы фильтрования топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы двигателя;

температура вспышки, определяющая условия безопасности применения топлива на дизелях;

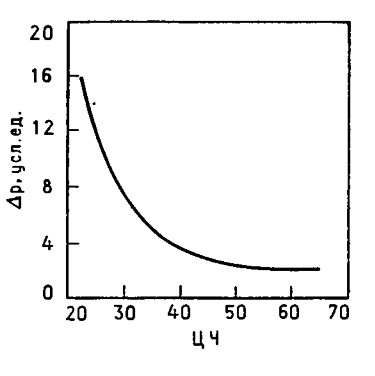
наличие сернистых соединений, непредельных углеводородов и металлов, характеризующие нагарообразование, коррозию и износы.

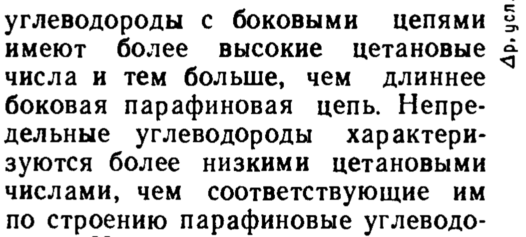
Свойства

Цетановое число — основной показатель воспламеняемости дизельного топлива. Оно определяет запуск двигателя, жесткость рабочего процесса (скорость нарастания давления), расход топлива и дымность отработанных газов. Чем выше цетановое число топлива, тем ниже скорость нарастания давления (рис. 20) и тем менее жестко работает двигатель. Однако с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу двигателя с допустимой жесткостью (менее 0,5 МПа/°ПВК), ухудшается его экономичность в среднем на 0,2—0,3% и дымность отработанных газов на единицу цетанового числа повышается на 1—1,5 единицу Хартриджа.

Цетановое число топлив зависит от их углеводородного состава. Наиболее высокими цетановыми числами обладают нормальные парафиновые углеводороды, причем с повышением их молекулярной массы оно повышается, а по мере разветвления — снижается. Самые низкие цетановые числа у ароматических углеводородов, не имеющих боковых цепей; ароматические

Рис. 20. Зависимость скорости нарастания давления в цилиндре двигателя Δp от цетанового числа дизельного топлива ЦЧ




углеводороды с боковыми цепями имеют более высокие цетановые числа и тем больше, чем длиннее боковая парафиновая цепь. Непредельные углеводороды характеризуются более низкими цетановыми числами, чем соответствующие им по строению парафиновые углеводороды. Нафтеновые углеводороды обладают невысокими цетановыми числами, но лучшими, чем ароматические углеводороды. Чем выше температура кипения топлива, тем выше цетановое число, и эта зависимость носит почти линейный характер; лишь для отдельных фракций цетановое число может снижаться, что объясняется их углеводородным составом.

Цетановые числа дизельных топлив различных марок, вырабатываемых отечественной промышленностью, характеризуются следующими значениями:

Марка дизельного топлива	Л	З(—35 °С)	З(—45 °С)	А
Цетановое число	47—51	45—49	40—42	38—40

Оптимальным цетановым числом дизельных топлив является 40—50. Применение топлив с цетановым числом <40 приводит к жесткой работе двигателя, а >50 — к увеличению удельного расхода топлива за счет уменьшения полноты сгорания. Летом можно успешно применять топлива с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя требуется цетановое число $\geqslant 45$. В то же время топлива с температурой застывания ниже —45 °С характеризуются цетановым числом ≈ 40. Хорошие низкотемпературные свойства достигаются несколькими способами: за счет существенного облегчения фракционного состава (температура конца кипения 300—320 °С вместо 360 °С), проведения депарафинизации топлива (извлечения *н*-парафиновых углеводородов), переработкой нафтено-ароматических нефтей с малым содержанием *н*-парафиновых углеводородов, при этом во всех случаях снижается цетановое число.

Известны присадки для повышения цетанового числа дизельных топлив — изопропил- или циклогексилнитраты. Они допущены к применению, но их вводят (в частности, изопропилнитрат) в крайне ограниченных количествах для повышения цетанового числа с 38 до 40, так как при этом понижается температура вспышки и повышается коксуемость топлива.

Установление оптимальных цетановых чисел имеет большое практическое значение, поскольку с углублением переработки нефти в состав дизельного топлива будут вовлекаться легкие газойли каталитического крекинга, коксования и фракции, обладающие относительно низкими цетановыми числами. Бензиновые фракции также имеют низкие цетановые числа, и добавление их в дизельное топливо всегда заметно снижает цетановое число последнего.

Цетановое число определяют по ГОСТ 3122—67, сравнивая воспламеняемость испытуемого топлива с эталонным (смеси цетана с α-метилнафталином в разных соотношениях). Имеется множество расчетных формул для определения цетанового числа топлив (ЦЧ), например по их плотности d_4^{20} и кинематической вязкости ν_{20}

$$ЦЧ=(\nu_{20}+17{,}8)\,1{,}5879/d_4^{20},$$

или исходя из углеводородного состава

$$ЦЧ=0{,}85C_п+0{,}1C_н-0{,}2C_а,$$

где $C_п$, $C_н$, $C_а$ — содержание парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов соответственно.

По этим формулам можно лишь приблизительно рассчитать цетановое число. Они не пригодны для топлив с присадками, которые повышают цетановое число, а также для топлив, в состав которых входят бензиновые фракции.

За рубежом для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют дизельный индекс. Этот показатель нормируется и в отечественной технической документации на дизельное топливо, поставляемое на экспорт,— ТУ 38 001162—85. Дизельный индекс (ДИ) вычисляют по формуле:

$$ДИ=t_{ан}\rho/100,$$

где $t_{ан}$ — анилиновая точка (определяют по ГОСТ 12829—77 в °С и пересчитывают в °F: °F=9,5 °С+32); ρ — плотность, градусы АПИ.

Между дизельным индексом и цетановым числом топлива существует такая зависимость:

Дизельный индекс	20	30	40	50	62	70	80
Цетановое число	30	35	40	45	55	60	80

В табл. 1.12 приведены цетановое число и дизельный индекс различных образцов дизельного топлива, выработанных отечественной промышленностью.

Фракционный состав. Характер процесса горения в двигателе определяется двумя основными показателями — фракционным составом и цетановым числом. На сгорание топлива более легкого фракционного состава расходуется меньше воздуха, при этом за счет уменьшения времени, необходимого для образования топливовоздушной смеси, более полно протекают процессы смесеобразования (рис. 21).

Таблица 1.12. Средние значения цетанового числа и дизельного индекса товарных дизельных топлив

Номер образца	Цетановое число		Дизельный индекс, экспортное	Номер образца	Цетановое число		Дизельный индекс, экспортное
	летнее	зимнее			летнее	зимнее	
1	48	45	59,0	7	46,5	43	56,4
2	48	46	59,5	8	54	54	61,3
3	47,2	—	54,6	9	50	—	55,4
4	46	47	56,3	10	49	—	54,8
5	52	—	57,0	11	47	45	56,1
6	51	—	54,8				

Облегчение фракционного состава топлива, например при добавке к нему бензиновых фракций, может привести к повышению жесткости работы двигателя, определяемой скоростью нарастания давления на 1° поворота коленчатого вала (°ПКВ) (рис. 22). Это объясняется тем, что к моменту самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров топлива, и горение сопровождается чрезмерным повышением давления и стуками в двигателе.

Влияние фракционного состава топлива для различных типов двигателей неодинаково. Двигатели с предкамерным и вихрекамерным смесеобразованием вследствие наличия разогретых до высокой температуры стенок предкамеры и более благоприятных условий сгорания менее чувствительны к фракционному составу топлива, чем двигатели с непосредственным впрыском.

Время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения 200—225 °С в девять раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной 285 °С (рис. 23).

Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива; с повышением указанных показателей качества увеличивается диаметр капель (рис. 24) и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработанных газов. Вязкость топлива влияет на наполнение насоса и на утечку топлива через зазоры плунжерных пар. С увеличением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе. При уменьшении вязкости дизельного

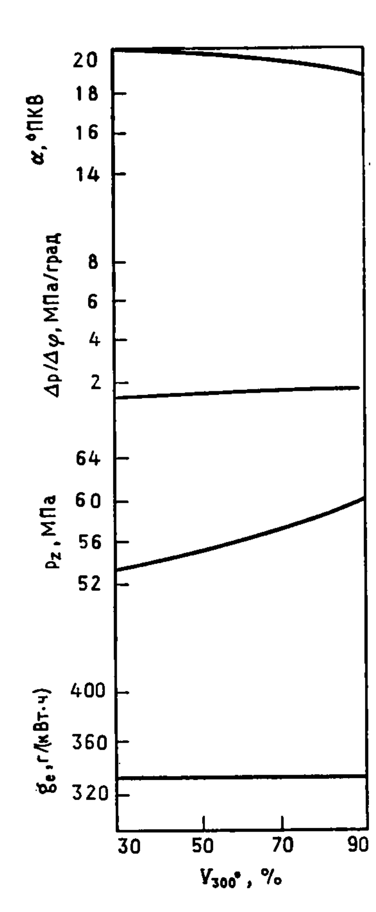


Рис. 21. Зависимость показателей, характеризующих процесс сгорания, от фракционного состава:

g_e — удельный расход; p_z — максимальное давление сгорания; $\Delta p/\Delta\varphi$ — жесткость работы; α — период задержки самовоспламенения двухтактного двигателя с неразделенной камерой сгорания; $V_{300°}$ — объем, выкипающий до 300 °С

топлива количество его, просачивающееся между плунжером и втулкой, возрастает по сравнению с работой на более вязком топливе, в результате снижается производительность насоса (рис. 25). От вязкости зависит износ плунжерных пар. Нижний предел вязкости топлива, при котором обеспечивается высокая смазывающая способность дизельного топлива, зависит от конструктивных особенностей топливной аппаратуры и условий ее эксплуатации. Вязкость топлива в пределах 1,8—7,0 мм²/с практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей.

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Летнее дизельное топливо, получаемое из западносибирской нефти, в котором преобладают парафино-нафтеновые углеводороды, имеет вязкость при 20 °С 3,5—4,0 мм²/с; такое же по фракционному составу топливо из сахалинских нефтей, в котором преобладают нафтено-ароматические углеводороды, — 5,5—6,0 мм²/с. Стандартом на дизельное топливо вязкость нормируется в достаточно широких пределах, что обусловлено различием углеводородного состава перерабатываемых нефтей. Попытки ограничить вязкость топлива в узких пределах приведут к сокращению ресурсов его производства, так как потребуют снижения конца кипения топлива.

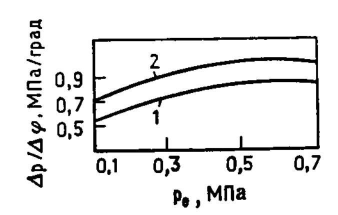
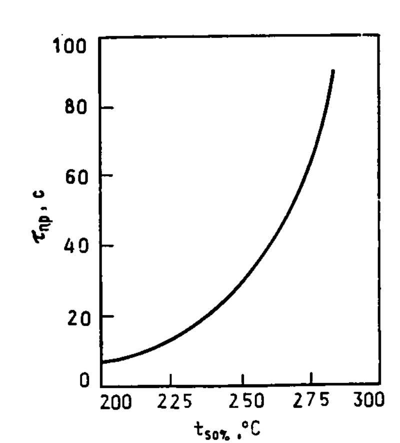


Рис. 22. Зависимость жесткости работы $\Delta p/\Delta\varphi$ двигателя Д-240 (n=2100 мин⁻¹) от нагрузки P_e при работе на дизельном топливе:

1 — стандартном; *2* — с содержанием 37% бензиновых фракций 60—160 °С



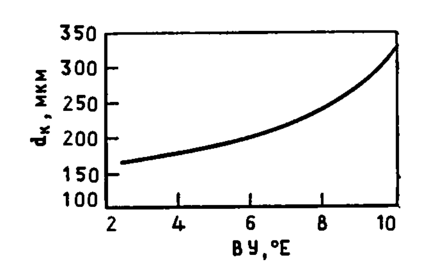


Рис. 24. Зависимость тонкости распыла топлива (среднего диаметра капель $d_к$) от его условной вязкости ВУ

Рис. 23. Зависимость времени прокручивания двигателя при пуске $\tau_{пр}$ от температуры выкипания 50% (об.) топлива t_{50}%

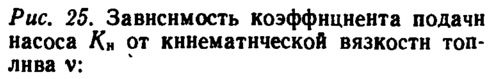
На процессы испарения и смесеобразования оказывают влияние также поверхностное натяжение и давление насыщенных паров, которые зависят от углеводородного и фракционного состава топлива. С утяжелением фракционного состава поверхностное натяжение увеличивается. Для летних дизельных топлив оно составляет 0,030—0,032 Н/м при 20 °С, а при других температурах может быть рассчитано по формуле:

$$\sigma_t = \sigma_0 - K(t - t_0),$$

где σ_t и σ_0 — поверхностное натяжение, рассчитываемое и найденное экспериментально, соответственно; t и t_0 — температуры, при которых поверхностное натяжение рассчитывается и найдено экспериментально; K — постоянная, равная 0,10.

Давление насыщенных паров дизельных топлив невелико и, как правило, не превышает 0,665 кПа при 37,8 °С.

Низкотемпературные свойства характеризуются такими показателями, как температура застывания $t_{заст}$ и помутнения $t_п$, предельная температура фильтруемости $t_{пр.ф}$; $t_{заст}$ определяет условия складского хранения топлива, $t_п$ и $t_{пр.ф}$ —



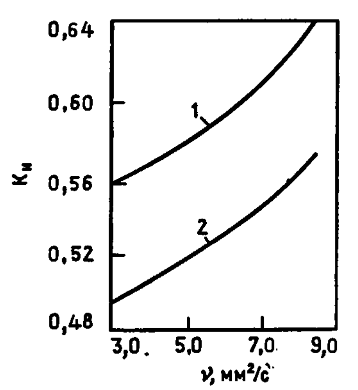


Рис. 25. Зависимость коэффициента подачи насоса $K_н$ от кинематической вязкости топлива ν:

1 — n=1000 об/мин; *2* — n=400 об/мин

условия применения топлива, хотя в практике известны случаи использования топлив при температурах, приближающихся к $t_{заст}$. Для большинства дизельных топлив разница между $t_п$ и $t_{заст}$ составляет 5—7 °С.

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние дизельные топлива получают в основном (88%) облегчением фракционного состава с 360 до 320 °С для топлива с $t_{заст}$=—35 °С и до 280—300 °С для топлива с $t_{заст}$= =—45 °С.

Ресурсы дизельного топлива тесно связаны с его фракционным составом. Для получения дизельного топлива с $t_{заст}$ —35 °С и $t_п$ —25 °С требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320 °С, а для топлива с $t_{заст}$ —45 °С и $t_п$ —35 °С — до 280 °С, что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42,0 до 30,5 и 22,4% соответственно (табл. 1.13).

Сократить потери при производстве зимнего дизельного топлива можно введением в топливо депрессорных присадок (в сотых долях процента). Депрессорные присадки, достаточно эффективно понижая $t_{заст}$, практически не влияют на $t_п$ топлива, что в значительной мере ограничивает температуру его применения.

*Таблица 1.13. Характеристики дизельных топлив с различными низкотемпературными свойствами**

Показатель	Фракции, °С						
	160—280	160—320	160—350	160—370	160—390	180—350	180—370
Выход на нефть, % (масс.)	22,4	30,5	35,9	39,2	42,0	32,2	35,5
Фракционный состав, °С:							
н. к.	188	190	192	194	197	210	211
10% (об.)	198	201	203	205	211	228	227
50% (об.)	226	245	258	265	274	272	275
90% (об.)	260	295	320	336	354	327	340
96% (об.)	267	305	330	346	358	337	345
98% (об.)	273	306	332	347	362	338	347
Плотность при 20 °С, кг/м^3	823	832	837	841	844	842	846
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	2,47	3,02	3,77	4,31	4,73	4,35	5,06
Температура, °С:							
застывания	—47	—35	—30	—19	—13	—22	—14
помутнения	—38	—28	—17	—11	—6	—13	—50
Топливо	З(—45°С)	З(—35°С)	Л	Л	Л	Л	Л

* Данные получены при разгонке на АРН нефти трубопровода «Дружба».

Таблица 1.14. Влияние керосина и бензина на низкотемпературные свойства летнего дизельного топлива

Температура, °С	Дизельное топливо летнее	Топливо ТС-1, %				Бензин А-76, %			
		10	20	30	80	10	20	30	80
Застывания	—12	—15	—20	—20	—44	—15	—19	—22	—49
Помутнения	—5	—5	—7	—10	—21	—6	—7	—9	—25
Фильтруемости предельной	—6	—6	—7	—9	—25	—6	—10	—13	—26

В связи с этим низкотемпературные свойства дизельных топлив с депрессором спецификациями всех стран оценивают по $t_п$ и $t_{пр.ф}$ в отличие от топлив без депрессора, низкотемпературные свойства которых по ГОСТ 305—82 регламентируют по $t_{заст}$ и $t_п$. Разность между $t_п$ и $t_{пр.ф}$ не должна превышать 10 °С. При снижении температуры топлива ниже его предельной фильтруемости или в случае, когда $t_п—t_{пр.ф}>10$ °С, в топливе накапливается такое количество кристаллов парафинов, что они не могут находиться длительное время во взвешенном состоянии. Значительная часть их оседает на дно емкости, что затрудняет использование такого топлива.

Нередки случаи, когда для снижения температуры застывания на местах применения используют смеси летних сортов дизельных топлив с реактивным топливом или бензином. При разбавлении дизельных топлив более низкокипящими компонентами $t_{заст}$ и $t_п$ смесей всегда отклоняются в сторону высокозастывающего дизельного топлива, вследствие чего приходится использовать значительное (до 80%) количество разбавителя (табл. 1.14), что, в свою очередь, отразится на повышении износа двигателей и снижении цетанового числа.

Степень чистоты дизельных топлив. Этот показатель определяет эффективность и надежность работы двигателя, особенно его топливной аппаратуры. Для плунжеров и гильз топливных насосов зазоры составляют 1,5—4,0 мкм. Частицы загрязнений, размер которых >4,0 мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что предопределяет и соответствующие требования к очистке топлива.

Чистоту топлива оценивают коэффициентом фильтруемости (по ГОСТ 19006—73), который представляет собой отношение времени фильтрования через фильтр из бумаги БФДТ при атмосферном давлении десятой порции фильтруемого топлива к первой. На фильтруемость топлив влияет наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот. В товарных дизельных топливах содержится в основном растворенная вода от 0,002 до 0,008% (гидрид-кальциевый ме-

тод определения), которая не влияет на коэффициент фильтруемости. Нерастворенная в топливе вода — 0,01% и более — приводит к повышению коэффициента фильтруемости. Однако влияние этого фактора неоднозначно. Присутствие в топливе поверхностно-активных веществ — мыл нафтеновых кислот, смолистых и сероорганических соединений — усугубляет отрицательное влияние эмульсионной воды на фильтруемость топлив. Достаточно (15—20)10^{-4}% мыл нафтеновых кислот, образующихся при защелачивании топлив, чтобы коэффициент фильтруемости повысился с 2 до 4—5.

Содержание механических примесей в товарных дизельных топливах, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями, составляет 0,002—0,004% (отсутствие по ГОСТ 6370—59). Это количество не отражается на коэффициенте фильтруемости при исключении других отрицательных факторов. Коэффициент фильтруемости дизельных топлив, отправляемых с предприятий, находится в пределах 1,5—2,5.

Температура вспышки определяет пожароопасность топлива. Согласно ГОСТ 305—82, предусматривается выпуск топлива с температурой вспышки не ниже 40 °С — для дизелей общего назначения и не ниже 62 °С — для тепловозных и судовых дизелей. Температура вспышки является функцией содержащихся в топливе низкокипящих фракций (рис. 26). Поднять температуру вспышки дизельного топлива можно, повысив температуру начала кипения, а следовательно, снизив отбор топлива от нефти.

На рис. 27 приведена зависимость снижения потенциального выхода дизельного топлива [в % (масс.)] на нефть при повышении температуры вспышки на 1 °С от выхода фракции 150—350 °С: для дизельного топлива, выход которого составляет 42% на нефть, повышение температуры вспышки на 1 °С снижает его отбор на 0,3% на нефть, или 1,2% на топливо.

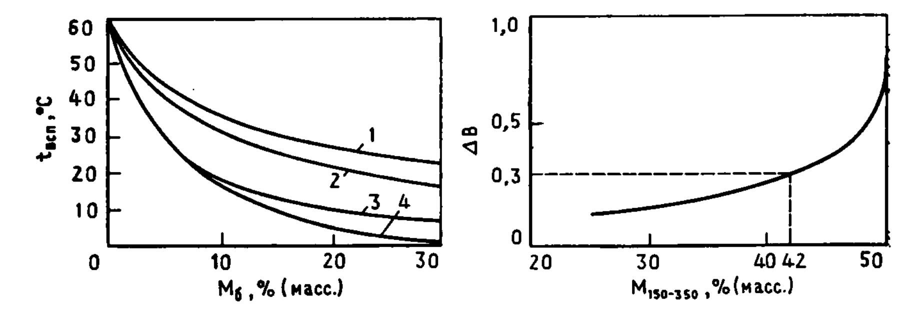


Рис. 26. Зависимость температуры вспышки дизельного топлива $t_{всп}$ от содержания бензиновых фракций $M_б$:
1 — фракции 105—180 °С; *2* — 80—120 °С; *3* — 62—180 °С; *4* — 62—105 °С

Рис. 27. Изменение выхода дизельного топлива ΔB при повышении температуры вспышки на 1 °С ΔB от содержания в нефти фракции 150—350 °С $M_{150-350}$

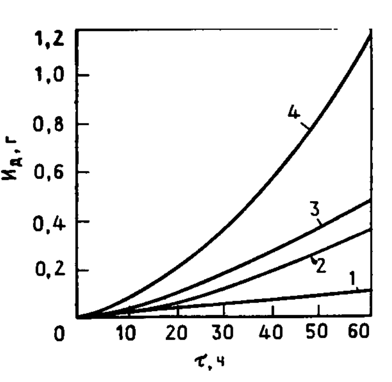


Рис. 28. Зависимость износа двигателя $И_д$ по железу в масле от длительности испытаний τ при содержании серы в топливе:
1 — 0,01%; *2* — 0,3%; *3* — 0,7%; *4* — 1,3%

Сернистые соединения, непредельные углеводороды и металлы. Все эти соединения влияют на нагарообразование в дизелях, они являются причиной повышенной коррозии и износов. При сгорании топлив, содержащих непредельные углеводороды, вследствие окисления в цилиндре двигателя образуются смолистые вещества, а затем нагар. В результате этого падает мощность и повышается износ деталей двигателя. Например, масса нагара, образовавшегося на деталях двигателей после испытаний летнего дизельного топлива на двигателе ЯАЗ-204 в течение 500 ч, составила:

Коксуемость 10%-го остатка	0,02	0,08	0,09
Масса нагара, г:			
на гильзах	2,90	1,43	7,30
на поршнях и кольцах	24,48	21,91	42,01

Содержание непредельных углеводородов определяют по иодному числу и нормируют стандартом — ≤6 г I_2/100 г.

Соединения серы при сгорании образуют SO_2 и SO_3 (последний сильнее влияет на нагарообразование, износ и коррозию в двигателе, на изменение качества масла), что повышает точку росы водяного пара, усиливая этим процесс образования серной кислоты. Продукты взаимодействия кислоты с маслом — смолистые вещества, нагар — способствуют износу деталей двигателя. Влияние содержания серы в топливе на износ двигателя иллюстрируется зависимостями, представленными на рис. 28.

Причиной повышенной коррозии и износа является присутствие в топливе металлов. В табл. 1.15 приведены данные о содержании металлов в товарных дизельных топливах, Считают, что при содержании V≥5·10^{-4}% и Na≥20·10^{-4}% срок службы лопаток газовых турбин снижается в 2—3 раза.

Ассортимент, состав и качество дизельных топлив

Нефтеперерабатывающей промышленностью вырабатывается дизельное топливо по ГОСТ 305—82 трех марок (табл. 1.16): Л — летнее, применяемое при температурах окружающего воз-

Таблица 1.15. Содержание металлов в дизельных топливах (10^{-4}%), полученных на различных предприятиях

Номер образца	V	Ni	Fe	Cu	Pb	Ca	Al	Na	Mo
1	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	<0,3	0,15	<0,7	0,08	<0,3
2	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	0,2	0,1	<0,7	0,02	<0,3
3	<0,5	<0,3	0,55	0,07	0,2	0,17	<0,7	0,18	0,3
4	<0,5	<0,3	0,35	0,07	0,2	0,3	<0,7	0,15	<0,3
5	<0,5	<0,3	0,35	<0,07	0,3	0,3	<0,7	0,12	<0,3
6	<0,5	<0,3	0,4	<0,07	0,3	<0,15	<0,7	<0,07	<0,3
7	<0,5	<0,3	0,4	0,06	0,2	0,12	<0,7	<0,07	<0,3
8	0,3	1,3	0,45	<0,07	0,3	0,1	<0,7	<0,07	<0,3
9	<0,5	<0,1	0,3	0,06	0,35	<0,15	<0,7	<0,07	<0,3
10	<0,5	<0,1	0,3	0,06	1,0	0,07	<0,7	0,2	<0,3
11	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,6	<0,1	—	0,05	<0,3

Таблица 1.16. Характеристика дизельного топлива

Показатель	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, °С, не выше:			
50% (об.)	280	280	255
96% (об.)	360	340	330
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	3,0—6,0	1,8—5,0	1,5—4,0
Температура, °С, не выше:			
застывания	—10	—35/—45*	—55
помутнения	—5	—25/—35*	—
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:			
для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин	62	40	35
для дизелей общего назначения	40	35	30
Содержание меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		
Содержание фактических смол, мг/100 см³, не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	5	5	5
Иодное число, г I_2/100 г, не более	6	6	6
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,30	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	860	840	830

* Числитель — для умеренной климатической зоны, знаменатель — для холодной.

Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды — отсутствие.

духа 0 °С и выше; З — зимнее, применяемое при температурах до —20 °С (в этом случае зимнее дизельное топливо должно иметь $t_{заст} \leqslant -35$ °С и $t_п \leqslant -25$ °С), или зимнее, применяемое при температурах до —30 °С (тогда топливо должно иметь $t_{заст} = -45$ °С и $t_п = -35$ °С); марки А — арктическое, температура применения которого устанавливается до —50 °С. Содержание серы в дизельном топливе марок Л и З не превышает 0,5%, а марок А — 0,4%; для топлив высшей категории качества оно не должно превышать 0,2%. В летний период с 1 апреля по 1 сентября, а для южных зон — с 1 марта по 1 октября для удовлетворения потребности в дизельном топливе разрешается выработка и применение топлива с температурой застывания 0 °С без нормирования температуры помутнения. Установление менее жестких требований к низкотемпературным свойствам дизельного топлива в летний период позволяет увеличить ресурсы его производства на 1,5—2,0%, считая на нефть.

В соответствии с ГОСТ 305—82 принято следующее условное обозначение дизельного топлива: летнее топливо заказывают с учетом содержания серы и температуры вспышки (Л-0,5-40), зимнее — с учетом содержания серы и $t_{заст}$ (З-0,5-минус 35). В условное обозначение на арктическое дизельное топливо входит только содержание серы: А-0,2.

Дизельное топливо (ГОСТ 305—82) получают компаундированием прямогонных и гидроочищенных фракций в соотношениях, обеспечивающих требования стандарта по содержанию серы. В качестве сырья для гидроочистки нередко используют смесь среднедистиллятных фракций прямой перегонки и вторичных процессов, чаще прямогонного дизельного топлива и легкого газойля каталитического крекинга. Содержание серы в прямогонных фракциях в зависимости от перерабатываемой нефти колеблется в пределах 0,8—1,0% (для сернистых нефтей), а содержание серы в гидроочищенном компоненте — от 0,08 до 0,12%.

Дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (ТУ 38 001355—86). Для применения в летний период вырабатывают дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (табл. 1.17). Отличие его от стандартного дизельного топлива: более высокая (на 20—30 °С) температура конца кипения — до 360 °С перегоняется 90% (об.), вместо 96% (об.). Вследствие этого температура выкипания 50% (об.) его на 10 °С выше. По фракционному составу и основным физико-химическим показателям это топливо приближается к топливам, вырабатываемым за рубежом. Технология производства дизельного топлива утяжеленного фракционного состава аналогична технологии получения топлива по ГОСТ 305—82.

Дизельное топливо экспортное (ТУ 38 001162—85) — вырабатывают для поставок на экспорт с содержанием серы до

Таблица 1.17. Характеристика дизельного топлива утяжеленного фракционного состава

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Цетановое число	≥45	Содержание серы, %:	
Фракционный состав:		в топливе вида I	≤0,2
		в топливе вида II	≤0,5
50% (об.) перегоняется при температуре, °С	≤290	Содержание меркаптановой серы, %	≤0,01
до 360 °С перегоняется, %	≥90	Испытание на медной пластинке	Выдерживает
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	3,0—6,5	Кислотность, г КОН/100 см³	≤5
Температура, °С:		Иодное число, г I_2/100 г	≤6
		Зольность, %	≤0,01
застывания	≤0	Коксуемость 10%-го остатка, %	≤0,3
помутнения	≤5		
Температура вспышки в закрытом тигле, °С:		Коэффициент фильтруемости	≤3
для дизелей общего назначения	≥40	Плотность при 20 °С, кг/м³	≤860
для тепловозных и судовых дизелей	≥61	Цвет, ед. ЦНТ	≤2

Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды — отсутствие.

0,2% (табл. 1.18). Исходя из жестких требований к содержанию серы, дизельное топливо экспортное получают гидроочисткой прямогонных дизельных фракций. Для оценки его качества, по требованию заказчиков, определяют дизельный индекс (а не цетановое число, как принято ГОСТ 305—82). Кроме того, взамен определения содержания воды и коэффициента фильтруемости экспресс-методом устанавливают прозрачность топлива при температуре 10 °С.

Перспективные дизельные топлива

Оснащение народного хозяйства моторной техникой привело к росту потребности в дизельном топливе:

	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
Выпуск, %	100	126	158	175	205	230

Нефтеперерабатывающая промышленность будет развиваться при опережающих темпах роста выработки светлых нефтепродуктов по отношению к объему переработки нефти, т. е. возникает диспропорция между приростом добычи нефти и увеличением потребности в моторных топливах.

Потребность в дизельном топливе может быть обеспечена углублением переработки нефти, оптимизацией качества дизельных топлив и вовлечением в качестве компонентов или применением в чистом виде продуктов ненефтяного происхождения. Углубление переработки нефти позволяет за счет использования вторичных процессов получать светлые продукты из остаточного сырья. При этом мазут подвергается вакуумной перегонке, вакуумный газойль направляется на каталитический крекинг, гидрокрекинг. Остаток от вакуумной перегонки является сырьем термического крекинга, замедленного коксования, термоконтактного крекинга и висбрекинга. Продукты вторичных процессов существенно отличаются от прямогонных по химическому составу и характеризуются повышенным содержанием ароматических и непредельных углеводородов, в связи с чем использование их в качестве компонентов дизельных топлив требует дополнительного облагораживания. Исключение составляют продукты гидрокрекинга, не уступающие по качеству гидроочищенным дизельным топливам. С углублением переработки нефти доля вторичных продуктов в составе дизельного топлива возрастет до 40—50%, в то время как сегодня она составляет 5% и лишь на отдельных заводах 15%.

Оптимизация качества является не столь радикальным, как глубокая переработка, но достаточно эффективным способом

Таблица 1.18. Характеристика экспортного дизельного топлива

[*] — показатель не нормируется. Определение обязательно.

Показатель	ДЛЭ	ДЗЭ
Дизельный индекс, не менее	58	53
Фракционный состав, °С:		
50% (об.), не выше	280	280
90% (об.), не выше	340	330
96% (об.), не выше	360	360
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	3,0—6,0	2,7—6,0
Температура, °С, не выше:		
застывания	—10	—35
фильтруемости	—5	[*]
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	65	60
Содержание серы, %, не более	0,2	0,2
Испытание на медной пластинке	Выдерживает	
Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	3,0	3,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Коксуемость 10%-го остатка, %, не более	0,2	0,2
Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	2,0
Содержание механических примесей	Отсутствие	
Прозрачность при 10 °С	Прозрачно	
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	845	845

Таблица 1.19. Основные требования к качеству перспективных дизельных топлив

Показатель	ГОСТ 305—82, марка Л	Стадии оптимизации качества		
		I	II	III
Фракционный состав:				
10% (об.), °С, не ниже	—	—	—	100
50% (об.), °С, не выше	280	290	300	—
до 360 °С перегоняется, %, не менее	96	90	90	90
Цетановое число, не менее	45	45	40	40
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	3,0—6,0	3,0—6,5	3,0—8,0	2,0—6,0
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже:				
для дизелей общего назначения	40	40	40	20
для тепловых и судовых дизелей	62	62	62	—
Температура застывания, °С, не выше:				
с 1.IV по 1.IX	0	0	0	0
с 1.IX по 1.IV	—10	—5	—5	—10

увеличения ресурсов топлив. Значительное увеличение выхода дизельных топлив от перерабатываемой нефти может быть обеспечено оптимизацией их фракционного состава. Изменение выкипаемости фракций летнего дизельного топлива до 360 °С с 96 до 90% (об.), т. е. некоторое утяжеление фракционного состава, позволит повысить их отбор на 2—3%, следовательно, увеличит ресурсы на 6—8%, считая на топливо. Не исключено, что при использовании дизельных топлив утяжеленного фракционного состава может наблюдаться некоторое увеличение их расхода. В связи с этим перед химмотологами и двигателестроителями стоит задача совершенствования двигателей с целью повышения полноты сгорания топлива с большей вязкостью и с более высокой, по сравнению со стандартным топливом марки Л, температурой конца кипения.

Расширение фракционного состава дизельных топлив возможно не только за счет повышения температуры конца их кипения, но и вовлечения в их состав бензиновых фракций. Такая возможность появится при дальнейшей дизелизации автомобильного парка и уменьшении прироста потребления автомобильного бензина.

При этом такие показатели дизельных топлив, как вязкость и фракционный состав, в зависимости от отбора керосина могут изменяться в довольно широких пределах. Оптимизация качества наиболее массового летнего дизельного топлива будет осуществляться поэтапно (табл. 1.19).

Наряду с фракционным составом предполагается оптимизировать воспламеняемость дизельных топлив, так как газойлевые фракции вторичных процессов, доля которых в составе топлива возрастает, имеют низкие цетановые числа (25—30). Исследования последних лет показали, что цетановое число 40 для летних дизельных топлив вполне отвечает требованиям многих существующих двигателей и полностью обеспечивает их мягкую работу на всех режимах.

В последнее время уделяют внимание использованию продуктов ненефтяного происхождения как компонентов дизельных топлив, в частности спиртов. Однако почти все исследователи отмечают недостатки метанола и этанола: гигроскопичность и возможность расслаивания с дизельным топливом, низкое цетановое число, пониженную температуру вспышки, растворяющее действие их на резиновые технические изделия. Кроме того, спирты вызывают коррозию цветных металлов. Применение спиртов в дизелях в чистом виде потребует конструктивных изменений двигателя, обусловленных недостаточной воспламеняемостью спиртов. Смеси дизельного топлива с этанолом или метанолом менее стабильны, чем аналогичные смеси их с бензинами, и применение таких смесей требует дорогостоящих стабилизаторов. Все это вряд ли позволит широко применять спирты в составе дизельных топлив в ближайшей перспективе.

При оценке возможных масштабов топлив из альтернативных видов сырья следует учитывать ресурсы сырья, степень разработки процессов производства, транспортирования и хранения, а также технико-экономические показатели по их применению и производству.

КОТЕЛЬНЫЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МОТОРНЫЕ, ГАЗОТУРБИННЫЕ И ПЕЧНОЕ ТОПЛИВА

Котельные топлива применяют в стационарных паровых котлах, в промышленных печах. Тяжелые моторные топлива используют в судовых энергетических установках. К котельным топливам относят топочные мазуты марок 40 и 100, вырабатываемые по ГОСТ 10585—75, к тяжелым моторным топливам — флотские мазуты Ф-5 и Ф-12 по ГОСТ 10585—75, моторные топлива ДТ и ДМ — по ГОСТ 1667—68.

В общем балансе перечисленных топлив основное место занимают мазуты нефтяного происхождения. Жидкие котельные топлива из сланцев, получаемые на установках полукоксования горючих сланцев и угля, — продукты коксохимической промышленности — составляют лишь небольшую долю общего объема применяемого топлива.

Топливо нефтяное для газотурбинных установок предназначено для применения в стационарных паротурбинных и паро-

газовых энергетических установках, а также в газотурбинных установках водного транспорта. Газовые турбины являются относительно новым видом теплового двигателя. Благодаря своим специфическим свойствам, таким как сравнительно малая масса на единицу мощности, способность к быстрому запуску и работе без охлаждающей жидкости, возможность полной автоматизации и дистанционного управления, газовые турбины получили широкое применение в авиации, а затем в различных отраслях промышленности и транспорта. Их используют также для покрытия пиков нагрузки на электрических станциях. Общей тенденцией газотурбостроения в настоящее время является увеличение к. п. д. и мощности установок за счет повышения температуры газов перед турбиной. Это и определяет требования к качеству топлива.

Печное бытовое топливо предназначено для сжигания его в отопительных установках небольшой мощности, расположенных непосредственно в жилых помещениях, а также в теплогенераторах средней мощности, используемых в сельском хозяйстве для приготовления кормов, сушки зерна, фруктов, консервирования и других целей.

Котельные и тяжелые моторные топлива

Требования, предъявляемые к качеству котельных и тяжелых моторных топлив и устанавливающие условия их применения, определяются такими показателями качества, как вязкость, содержание серы, теплота сгорания, температуры застывания и вспышки, содержание воды, механических примесей и зольность.

Свойства

Вязкость. Эта техническая характеристика является важнейшей для котельных и тяжелых моторных топлив. Она определяет методы и продолжительность сливно-наливных операций, условия перевозки и перекачки, гидравлические сопротивления при транспорте топлива по трубопроводам, эффективность работы форсунок. От вязкости в значительной мере зависят скорость осаждения механических примесей при хранении, а также способность топлива отстаиваться от воды.

При положительных температурах (50 и 80 °С) условную вязкость топлив определяют по ГОСТ 6258—85 с помощью вискозиметра ВУМ. В США для определения вязкости используют вискозиметр Сейболта универсальный (для маловязких мазутов) и Сейболта Фурола (для высоковязких мазутов), в Англии — вискозиметр Редвуда. Между всеми этими вязкостями существует определенная зависимость, представленная

Таблица 1.20. Таблица перевода вязкости в различных единицах

Кинематическая, мм²/с	Условная, °ВУ	сек Сейболта (130 °F)	сек Редвуда (R) (140°F)	Кинематическая, мм²/с	Условная, °ВУ	сек Сейболта (130°F)	сек Редвуда (R) (140°F)
2	1,119	32,66	30,95	95	12,51	439,7	387,8
4	1,307	39,17	35,95	100	13,17	462,9	408,2
6	1,479	45,59	41,05	105	13,83	486,1	428,6
8	1,651	52,10	46,35	110	14,48	509,2	449,0
10	1,831	58,91	52,00	115	15,14	532,3	469,4
11	1,924	62,42	55,00	120	15,80	555,4	489,8
12	2,020	66,03	58,10	125	16,45	578,7	510,3
13	2,118	69,73	61,30	130	17,11	601,8	530,7
14	2,218	73,54	64,55	135	17,77	624,8	551,1
15	2,32	77,35	67,95	140	18,43	648,1	571,5
16	2,43	81,25	71,40	145	19,08	671,2	591,9
17	2,53	85,26	74,85	150	19,74	694,4	612,3
18	2,64	89,37	78,45	155	20,40	717,5	632,7
19	2,75	93,48	82,10	160	21,06	740,6	653,2
20	2,87	97,69	85,75	165	21,71	763,8	673,6
22	3,10	106,2	93,25	170	22,37	786,9	693,9
24	3,34	114,8	100,9	175	23,03	810,2	714,4
26	3,58	123,5	108,6	180	23,69	833,3	734,8
28	3,82	132,4	116,5	185	24,35	856,4	755,2
30	4,07	141,2	124,4	190	25,00	879,5	775,6
32	4,32	150,0	132,3	200	26,3	925,8	816,4
34	4,57	159,0	140,2	210	27,6	972,0	857,2
36	4,82	168,0	148,2	220	28,9	1018,4	898,0
38	5,08	177,0	156,2	230	30,3	1064,7	938,9
40	5,33	186,0	164,3	240	31,6	1111,0	979,7
42,5	5,66	197,4	174,4	250	32,9	1157,3	1020,5
45	5,98	208,8	184,5	260	34,2	1203,5	1061,4
47,5	6,30	220,3	194,6	270	35,5	1249,8	1102,2
50	6,62	231,8	204,7	280	36,8	1296,1	1143,0
52,5	6,95	243,4	214,8	290	38,2	1342,4	1183,8
55	7,28	254,9	225,0	300	39,4	1388,7	1224,6
57,5	7,60	266,4	235,2	320	42,1	1481,3	1306,2
60	7,93	277,9	245,3	340	44,7	1573,8	1387,9
65	8,58	301,0	265,7	360	47,4	1666,4	1469,6
70	9,23	324,0	286,0	380	50,0	1759,0	1551,2
75	9,89	347,1	306,1	400	52,6	1852	1633
80	10,54	370,3	326,6	450	59,2	2083	1837
85	11,20	393,4	347,0	500	65,8	2315	2041
90	11,86	416,6	367,4	1000	131,6	4629	4082

данными табл. 1.20. В ряде спецификаций указывают вязкость, найденную экспериментально и пересчитанную в кинематическую (мм²/с).

На практике часто используют вязкостно-температурные кривые (рис. 29, 30). С повышением температуры различие в вязкости топлив существенно уменьшается.

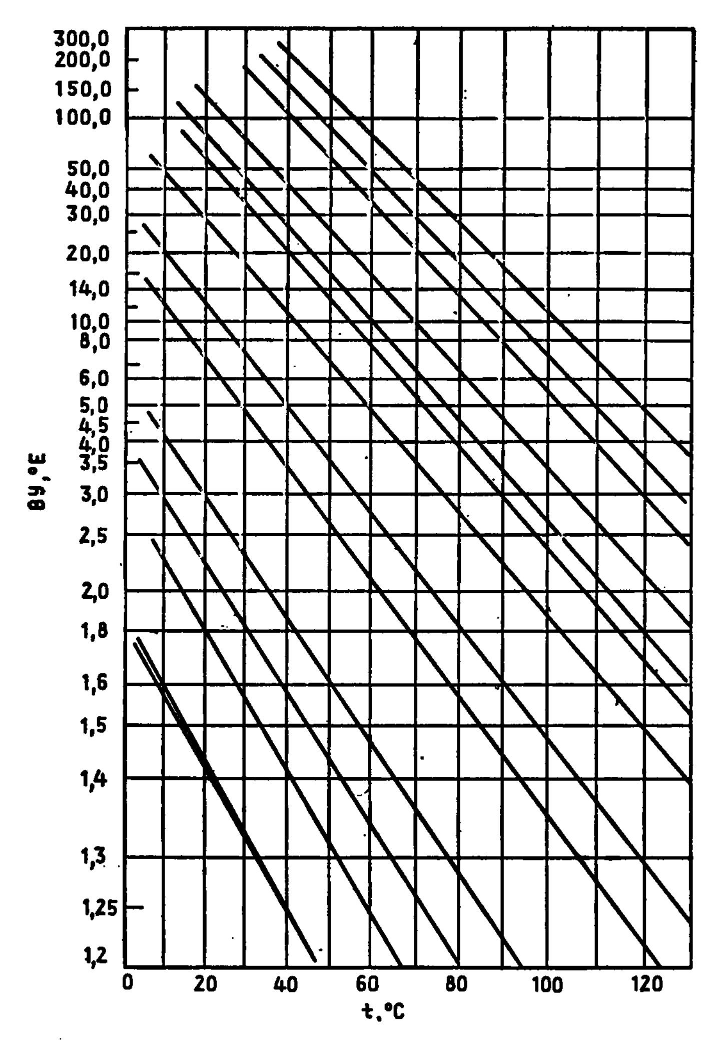


Рис. 29. Зависимость условной вязкости мазута ВУ от температуры *t*

Для мазутов, как и для всех темных нефтепродуктов, зависимость вязкости от температуры приближенно описывается уравнением Вальтера:

$$\lg\lg(\nu\cdot 10^{-6}+0{,}8)=A-B\lg T,$$

где ν — кинематическая вязкость, мм²/с, A и B — коэффициенты; T — абсолютная температура, К.

Вязкость не является аддитивным свойством топлива. При смешении различных котельных топлив вязкость смеси следует определять экспериментально. Ориентировочно вязкость таких смесей можно определить по номограмме (рис. 31). Достаточно хорошие результаты дает расчет по формуле:

$$\lg\lg(\nu_{см}+0{,}8)=x_1\lg\lg(\nu_1+0{,}8)+x_2\lg\lg(\nu_2+0{,}8),$$

где ν_1, ν_2, $\nu_{см}$ — вязкость кинематическая компонентов 1, 2 и смеси, мм²/с; x_1, x_2 — содержание компонентов, %.

Котельные и тяжелые моторные топлива являются структурированными системами. Для их характеристики, особенно при выполнении сливно-наливных операций, помимо ньютоновской вязкости необходимо учитывать реологические свойства топлив. Вязкость при низких температурах определяют по ГОСТ 1929—87 с помощью ротационного вискозиметра «Реотест».

Принцип действия прибора «Реотест» основан на измерении сопротивления, которое оказывает испытуемый продукт вращающемуся внутреннему цилиндру. Это сопротивление зависит только от внутреннего трения жидкости и прямо пропорционально абсолютной вязкости. По мере того как скорость сдвига увеличивается, вязкость уменьшается. Когда вся структура полностью разрушена, вязкость становится постоянной. Эта вязкость называется динамической. Методика позволяет определить как вязкость полностью разрушенной структуры мазута η, так и начальное напряжение σ_0, являющееся мерой прочности структуры мазута, значение которого необходимо знать при расчете

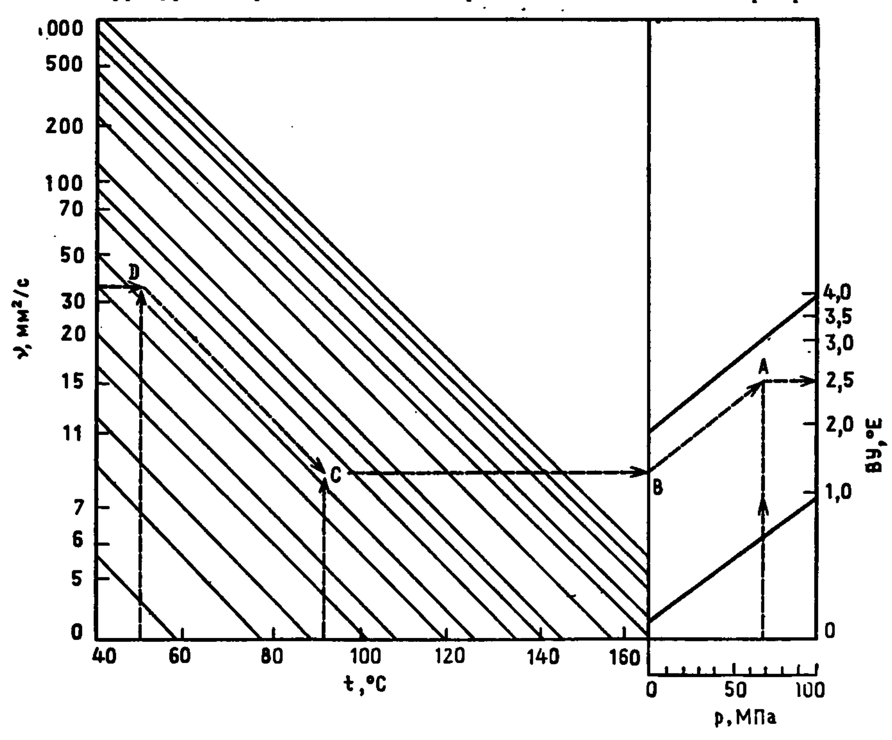


Рис. 30. Зависимость кинематической ν и условной ВУ вязкости топлива от температуры *t* и давления *p*

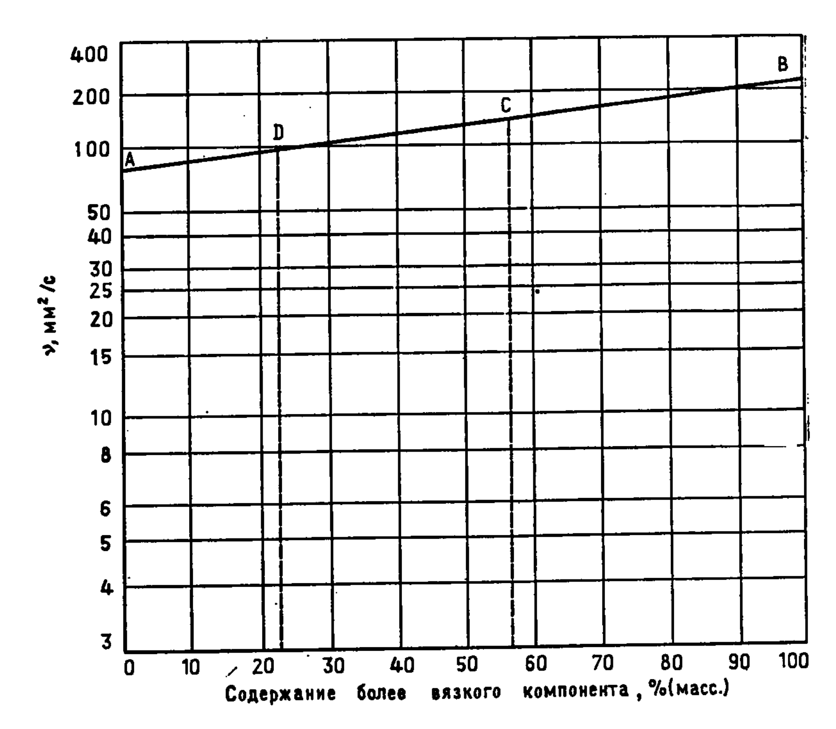


Рис. 31. Номограмма для определения кинематической вязкости ν топливных смесей

трубопроводов. На рис. 32 представлена типичная зависимость динамической вязкости мазута η и напряжения сдвига σ от скорости сдвига r. Продолжение прямолинейного участка реологической кривой до пересечения с осью позволяет получить начальное усилие сдвига σ_0. Пользуясь такими вискозиметрами, можно рассчитать перепад давления и объемную скорость потока для ламинарного и турбулентного режимов применительно к данному трубопроводу.

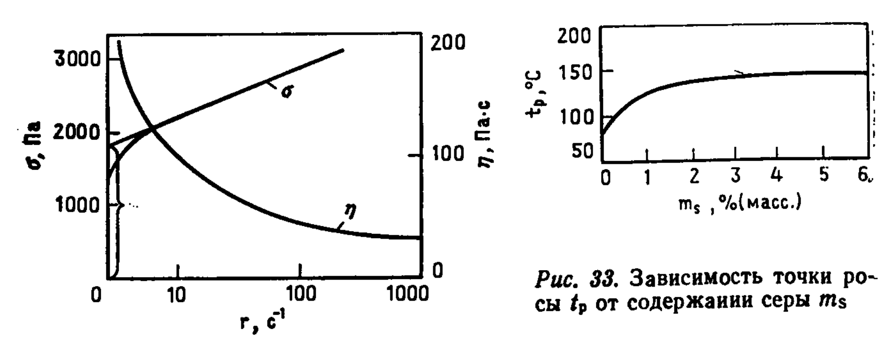


Рис. 32. Зависимость динамической вязкости η и напряжения сдвига σ от скорости сдвига r (фигурная скобка — отрезок σ_0)

Рис. 33. Зависимость точки росы $t_р$ от содержания серы m_S

Для всех остаточных топлив характерна аномалия вязкости: после термической обработки или соответствующего механического воздействия повторно определяемая вязкость при той же температуре оказывается ниже начальной. Объясняется это присутствием в котельных топливах высокомолекулярных парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ: чем их больше в топливе, тем выше вязкость и начальное напряжение сдвига:

$$\lg \eta_{20} = 0{,}0227 C_п C_{а+с},$$

где $C_п$ — содержание парафиновых углеводородов, $C_{а+с}$ — содержание асфальтено-смолистых веществ.

Содержание серы. В остаточных топливах содержание серы зависит от типа перерабатываемой нефти (сернистой или высокосернистой) и технологии получения топлива. Сера в остаточных топливах находится в свободном состоянии или в связанном — меркаптановая сера, сероводород. Наиболее коррозионно-агрессивных соединений — меркаптановой серы — в остаточных топливах меньше, чем в среднедистиллятных фракциях. Поэтому коррозионная активность сернистых мазутов ниже, чем сернистых светлых нефтепродуктов.

При сжигании сернистых топлив сера превращается в оксиды — SO_2 и SO_3. Наличие в дымовых газах SO_3 повышает температуру начала конденсации влаги — точку росы. В связи с тем, что температура хвостовых поверхностей котлов (воздухоподогревателей, экономайзеров) равна точке росы дымовых газов, на этих поверхностях конденсируется серная кислота, которая и вызывает усиленную коррозию металла. На рис. 33 представлена зависимость точки росы от содержания серы.

Содержание серы в мазутах оказывает значительное влияние на экологическое состояние воздушного бассейна. В ряде ведущих капиталистических стран в последние годы приняты ограничения по содержанию серы в мазутах до уровня 0,5—1,0%.

Теплота сгорания. Это одна из важнейших характеристик топлива, от которой зависит его расход, особенно для топлив, применяемых в судовых энергетических установках, так как при заправке топливом с более высокой теплотой сгорания увеличивается дальность плавания. Теплота сгорания зависит от элементного состава топлива и определяется отношением H/C и зольностью. Различают высшую и низшую теплоту сгорания. При определении высшей теплоты сгорания учитывают, что часть тепла, выделяющегося при сгорании топлива, расходуется на конденсацию паров воды, образовавшейся при сгорании водорода в топливе. При определении низшей теплоты сгорания тепло, затрачиваемое на образование воды, не учитывают. Стандарты на котельные топлива регламентируют теплоту сго-

рания низшую. Для котельных топлив она находится в пределах 39 900—41 580 Дж/кг при плотности 940—970 кг/м³, в то время, как для дизельных топлив плотностью 835—855 кг/м³ $Q_н$=42 000 Дж/кг. Теплота сгорания высокосернистых топлив всегда ниже, чем сернистых или малосернистых. Зная соотношение углерода и водорода и плотность топлива, по номограмме (рис. 34) можно найти низшую теплоту сгорания топлив.

Температура застывания. Как и вязкость, температура застывания характеризует условия слива и перекачки топлива. Она зависит от двух основных факторов: качества перерабатываемой нефти и способа получения топлива. Для топочных мазутов марок 40 и 100 $t_{заст}$ находится в пределах 22—25 °C и практически постоянна при хранении топлив. Тяжелые моторные топлива, получаемые смешением остаточных и дистиллят-

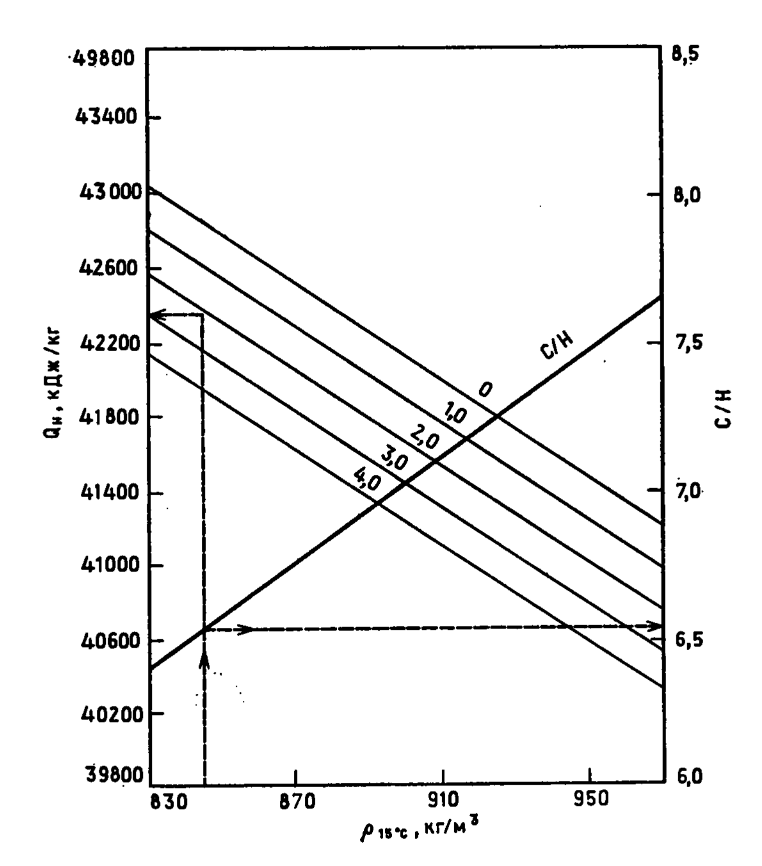


Рис. 34. Номограмма для определения низшей теплоты сгорания топлив $Q_н$ в зависимости от плотности ρ_{15} и соотношения С/Н

Цифры у линий — содержание серы в % (масс.)

Таблица 1.21. Изменение температуры застывания (°C) моторных и котельных топлив при хранении

После термообработки (95—100 °C)	После хранения в течение					
	1 сут	2 недели	1 мес	3 мес	6 мес	12 мес
Флотский мазут Ф-5						
—5	1	5	7	7	9	11
—6	—4	2	2	2	6	6
—9	—1	—1	—1	—1	2	2
—6	0	6	6	6	16	16
—11	—7	—5	—5	—5	—5	—5
—16	—15	—13	—13	—13	—13	—13
—15	—11	—7	—5	—5	—5	—5
—13	—10	—4	—2	—2	—2	—2
—12	—9	—1	—1	7	9	9
—11	—10	—8	—6	—6	—5	—5
Мазут экспортный						
—2	2	8	10	10	10	10
—2	6	10	10	12	12	12
1	5	7	7	10	10	12
—8	—3	1	2	2	4	4
—10	—7	—5	—5	—3	—3	—3
0	6	6	6	6	7	7
Топливо моторное ДТ						
—6	—4	—2	—2	—2	—2	—2
—8	—8	—8	—8	—6	—2	—2
—11	—9	—5	—5	—5	—5	—5
Мазут марки 40						
14	16	16	18	18	18	18
8	8	12	12	15	15	15
20	22	22	22	22	22	22
16	18	18	18	18	—	18
22	22	22	22	24	24	24
Мазут марки 100						
34	34	36	36	36	36	36
22	25	25	25	25	25	25
23	25	25	25	25	25	25
24	26	26	26	26	26	26

ных фракций, довольно нестабильны, и их $t_{заст}$ при хранении может повышаться на 4—15 °C. Явление это присуще только топливам, содержащим остаточные компоненты, такие как флотский мазут Ф-5, моторное топливо ДТ и ДМ и экспортный мазут (табл. 1.21). Полагают, что повышение $t_{заст}$ при хранении (регрессия) обусловлено взаимодействием парафиновых углеводородов и асфальтено-смолистых веществ с образованием во времени более жесткой кристаллической структуры. Это свойство топлив очень затрудняет их применение и не позволя-

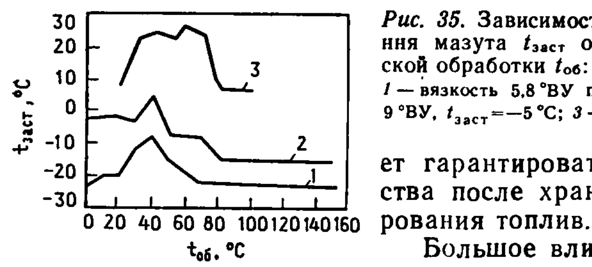


Рис. 35. Зависимость температуры застывания мазута $t_{\text{заст}}$ от температуры термической обработки $t_{\text{об}}$:
1 — вязкость 5,8 °ВУ при 50 °С, $t_{\text{заст}}$=—16 °С; *2* — 9 °ВУ, $t_{\text{заст}}$=—5 °С; *3* — 86 °ВУ, $t_{\text{заст}}$=22 °С

ет гарантировать сохранение качества после хранения и транспортирования топлив.

Большое влияние на $t_{\text{заст}}$ оказывают температура нагрева, скорость охлаждения, наличие или отсутствие перемешивания и даже диаметр сосуда, в котором она определяется. Для котельных топлив $t_{\text{заст}}$ изменяется в зависимости от условий термической обработки (рис. 35). С повышением температуры термообработки до 40—70 °С $t_{\text{заст}}$ топлива возрастает. Дальнейшее повышение температуры термообработки до 100 °С приводит к резкому ее снижению, что связано с изменением структуры топлива, а именно: с повышением температуры в структуре мазута, представляющего собой сплошную сетку, составленную из мелких игл с вкраплениями в нее крупных кристаллических конгломератов парафинов, последние постепенно исчезают и структура становится однородно сетчатой. Не менее важна и скорость охлаждения топлив. С увеличением скорости охлаждения $t_{\text{заст}}$, как правило, повышается за счет возникновения большого числа центров кристаллизации, равномерно распределенных по всему объему и способствующих созданию прочной структурной решетки парафина.

Рассчитать $t_{\text{заст}}$ или установить величину ее во времени не представляется возможным, так как не удается учесть все факторы, влияющие на эту температуру, — продолжительность хранения, термические изменения, происходящие в процессе хранения.

Учитывая нестабильность $t_{\text{заст}}$, стандарты на мазут флотский, экспортный и на моторное топливо предусматривают гарантии изготовителя: по истечении 3 мес хранения температура застывания не должна превышать установленную стандартом величину: минус 5 °С — для флотского мазута Ф-5 и моторного топлива, плюс 10 °С — для экспортного. Срок гарантии установлен, исходя из экспериментальных данных. Как правило, изменение $t_{\text{заст}}$ после 3 мес хранения крайне редко.

Регрессия $t_{\text{заст}}$ обусловливает необходимость выработки топлива с запасом качества по этому показателю, что приводит к вовлечению в состав таких продуктов неоправданно большого количества дизельного топлива. Так, для получения флотского мазута Ф-5 на нефтеперерабатывающем предприятии вовлекают в мазут 50—70% дизельного топлива, а для получения топлива, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 10585—75 по всем

показателям качества, кроме $t_{\text{заст}}$, достаточно 12,5—40% дизельного топлива (табл. 1.22).

На снижение $t_{\text{заст}}$ котельных топлив влияет температура застывания дистиллятной фракции. Нередко полагают, что чем она ниже, тем меньше дистиллятной фракции потребуется для получения товарного мазута. Это справедливо до определенного содержания дистиллятного компонента в товарном мазуте (рис. 36). Практика показала, что для снижения $t_{\text{заст}}$ мазута (когда используют 10—50% дизельных фракций) необходимо, чтобы $t_{\text{заст}}$ дистиллятного компонента была не выше —10... —12 °С, в противном случае его содержание в смеси заметно возрастает. Например, для получения экспортного мазута с температурой застывания плюс 10 °С потребуется: 25% дизельного топлива с $t_{\text{заст}}$=—2 °С или 18% дизельного топлива с $t_{\text{заст}}$=—12 °С.

Таблица 1.22. Характеристики флотского мазута Ф-5 без присадки и с депрессорной присадкой

Показатель	Образец № 1		Образец № 2	
	без присадки	0,01% присадки	без присадки	0,05% присадки
Состав, %:				
мазут прямогонный	40—50	87	45—50	70
дизельная фракция	60—50	13	55—60	30
Вязкость условная при 50 °С, °ВУ	1,2—2,0	3,63	1,6—3,1	5,0
Зольность, %	0,001—0,03	0,024	0,008—0,017	0,012
Содержание серы, %	0,7—1,2	1,34	1,1—1,5	1,44
Температура застывания после 3 мес хранения, °С	—7÷—11	—11	—7÷—9	—16
Коксуемость, %	1,3—3,9	3,05	3,6—4,0	4,1

Показатель	Образец № 3		Образец 4	
	без присадки	0,03% присадки	без присадки	0,05% присадки
Состав, %:				
мазут примогоиный	30—40	75	45—55	60
дизельиая фракция	70—60	25	55—45	40
Вязкость условиая при 50 °С, °ВУ	1,7—2,5	4,36	1,8—4,3	3,53
Зольиость, %	0,018—0,023	0,040	0,014—0,018	0,038
Содержаиие серы, %	1,2—1,3	1,94	1,3—1,6	1,6
Температура застываиия после 3 мес храиеиия, °С	—7÷—9	—8	—7÷—11	—15
Коксуемость, %	2,1—3,0	5,2	3,0—5,6	4,2

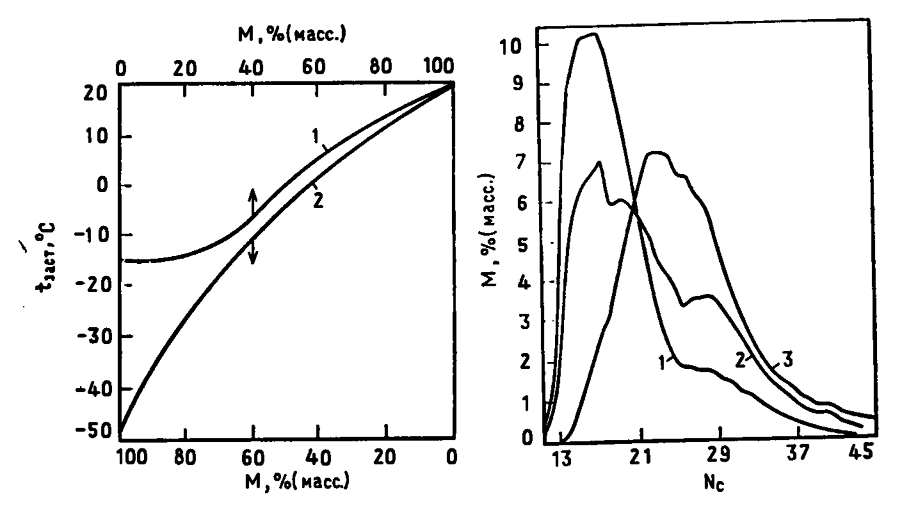


Рис. 36. Зависимость температуры застывания $t_{заст}$ прямогонного мазута от состава M:

1 — дистиллятный компонент, $t_{заст}$=—15 °С; *2* — денормализат процесса «Парекс», $t_{заст}$= =—48 °С

Рис. 37. Молекулярно-массовое распределение *н*-парафиновых углеводородов M по числу атомов углерода N_c:

1, 2 — флотский мазут Ф-5 из пермских, западносибирских нефтей; *3* — прямогонный мазут

Для снижения температуры застывания применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом. Механизм их действия заключается в модификации структуры кристаллизующегося парафина, препятствующей образованию прочной кристаллической решетки. Эффективность действия депрессорных присадок к котельным топливам зависит, прежде всего, от содержания *н*-парафиновых углеводородов и их температуры плавления: чем больше их в топливе и чем выше $t_{пл}$, тем менее эффективен депрессор.

Количество *н*-парафиновых углеводородов в мазутах зависит от их компонентного состава и технологии приготовления топлива. В табл. 1.23 приведены выход и свойства отдельных групп углеводородов мазутов (флотский Ф-5, образец 1 — из пермских нефтей, образец 2 — из западносибирских нефтей), а на рис. 37 — структура *н*-парафиновых углеводородов, выделенных из мазутов.

Моно- и бициклические ароматические углеводороды не влияют на эффективность действия депрессора, по-видимому, из-за значительного количества в их составе боковых парафиновых цепей. Полициклические ароматические углеводороды, слабо экранированные боковыми парафиновыми цепями и отличающиеся высокой цикличностью, обладают некоторыми депрессорными свойствами.

Наибольшее депрессорное действие оказывают асфальтено-смолистые вещества. Это свойство асфальтено-смолистых веществ использовали ранее как единственный способ улучшения низкотемпературных свойств котельных топлив. Количество вводимых в топливо компонентов, содержащих асфальтено-смолистые вещества, например крекинг-остаток, ограничено, так как последний повышает вязкость и содержание серы. Наличие в топливах крекинг-остатка вызывает при эксплуатации повышенное нагарообразование, высокотемпературную коррозию за счет ванадия, концентрирующегося в асфальтено-смолистой части, делает топлива нестабильными при хранении. Асфальтено-смолистые вещества оседают и отлагаются на днищах резервуаров, мазутопроводов, что затрудняет их очистку и приводит к дополнительным затратам в эксплуатации. Отложения асфальтено-смолистых веществ на поверхности нагрева теплообменной аппаратуры увеличивают сопротивление стенки и ухудшают теплообмен.

Асфальтено-смолистые вещества имеют сложную химическую структуру. В табл. 1.24 приведены некоторые данные по анализу смолистых веществ и отдельных групп углеводородов,

Таблица 1.23. Выход и физико-химические свойства фракций адсорбционного разделения мазутов

Группа углеводородов	Выход на мазут, % (масс.)	n_D	ρ_{20}, кг/м³	M	$t_{заст}$, °С
Флотский мазут Ф-5, образец 1					
н-Парафиновые	11,0	1,4267	797,0	273	41,5
Нафтено-изопарафиновые	51,8	1,4718	849,5	285	—24
Моноциклические ароматические	8,9	1,5054	906,0	354	—2
Бициклические ароматические	2,6	1,5414	956,4	249	—32
Полициклические ароматические	18,6	1,5684	1042,0	458	13
Асфальтено-смолистые вещества	7,1	—	—	798	—
Флотский мазут Ф-5, образец 2					
н-Парафиновые	8,4	1,4292	828,2	315	50,5
Нафтено-изопарафиновые	34,4	1,4570	824,5	297	1
Моноциклические ароматические	14,4	1,5083	909,6	304	—1
Бициклические ароматические	6,6	1,5354	949,5	270	—40
Полициклические ароматические	30,3	1,5652	1035,6	440	5
Асфальтено-смолистые вещества	5,9	—	—	665	—
Мазут прямогонный					
н-Парафиновые	5,8	1,4344	855,4	364	54
Нафтено-изопарафиновые	24,6	1,4746	860,0	359	—2
Моноциклические ароматические	12,0	1,5087	923,3	390	5
Бициклические ароматические	10,1	1,5356	976,3	373	—2
Полициклические ароматические	30,3	1,5752	1056,7	470	8
Асфальтено-смолистые вещества	17,2	—	—	710	—

Таблица 1.24. Структурно-групповой состав углеводородов, выделенных из котельных топлив

Углеводороды	Содержание углерода			Среднее число колец			Эмпирическая формула	n	$\frac{C_п}{C_н}$	$\frac{C_п}{C_н+C_а}$
	$C_а$	$C_н$	$C_п$	$N_а$	$N_н$	$N_о$				
Флотский мазут Ф-5, образец 1										
н-Парафиновые	—	—	—	—	—	—	$C_nH_{2n+2,0}$	19,6	—	—
Нафтено-изопарафиновые	—	36,8	63,2	—	1,42	1,42	$C_nH_{2n-1,1}$	18,9	—	—
Моноциклические ароматические	23,6	17,5	58,9	0,99	1,11	2,10	$C_nH_{2n-5,9}S_{0,07}$	25,4	3,37	1,43
Бициклические ароматические	40,9	22,2	36,9	1,35	1,00	2,35	$C_nH_{2n-10,0}S_{0,15}$	17,8	1,66	0,58
Полициклические ароматические	27,8	46,8	23,4	1,81	3,88	5,69	$C_nH_{2n-18,7}S_{0,51}N_{0,04}O_{0,29}$	32,8	0,50	0,31
Смолистые вещества	—	—	—	—	—	—	$C_nH_{2n-31,7}S_{0,78}N_{0,48}O_{1,30}$	48,7	—	—
Флотский мазут Ф-5, образец 2										
н-Парафиновые	—	—	—	—	—	—	$C_nH_{2n+2,0}$	20,3	—	—
Нафтено-изопарафиновые	—	26,2	73,8	—	0,98	0,98	$C_nH_{2n-2,6}$	19,7	—	—
Моноциклические ароматические	27,4	17,1	55,5	0,93	0,99	1,92	$C_nH_{2n-7,3}S_{0,12}$	21,9	3,25	1,25
Бициклические ароматические	37,3	19,5	43,2	1,32	0,95	2,27	$C_nH_{2n-9,4}S_{0,21}$	17,9	2,22	0,76
Полициклические ароматические	27,3	44,3	28,4	1,67	3,52	5,19	$C_nH_{2n-18,8}S_{0,61}N_{0,10}O_{0,25}$	31,2	0,64	0,40
Смолистые вещества	—	—	—	—	—	—	$C_nH_{2n-25,5}S_{0,85}N_{0,44}O_{0,85}$	46,6	—	—
Мазут прямогонный										
н-Парафиновые	—	—	—	—	—	—	$C_nH_{2n+2,0}$	25,7	—	—
Нафтено-изопарафиновые	—	35,6	64,4	—	1,82	1,82	$C_nH_{2n-1,4}$	25,7	—	—
Моноциклические ароматические	20,1	24,2	55,7	0,90	1,68	2,58	$C_nH_{2n-8,8}S_{0,18}$	28,0	2,30	1,23
Бициклические ароматические	25,2	34,2	40,4	1,21	2,33	3,54	$C_nH_{2n-11,0}S_{0,29}$	26,4	1,18	0,68
Полициклические ароматические	28,3	50,5	21,2	1,91	4,31	6,22	$C_nH_{2n-20,8}S_{0,52}N_{0,13}O_{0,18}$	33,4	0,42	0,27
Смолистые вещества	—	—	—	—	—	—	$C_nH_{2n-34,5}S_{0,72}N_{0,42}O_{0,58}$	51,1	—	—

выделенных из товарных флотских (образцы 1 и 2) и прямогонного (образец 3) мазутов.

С углублением переработки нефти содержание асфальтено-смолистых веществ в топливах будет увеличиваться, поэтому все более острой становится проблема производства стабильных котельных топлив. Асфальтены в мазутах находятся в коллоидном состоянии. Устойчивость асфальтено-содержащих дисперсных систем зависит от природы циклического углеводорода и его концентрации в дисперсионной среде. Наличие ароматических и нафтеновых углеводородов повышает седиментационную устойчивость дисперсной системы, причем для ароматических углеводородов этот эффект значительно больше, чем для нафтеновых углеводородов: ароматические углеводороды более склонны к взаимодействию с молекулами асфальтенов, растворимость последних тем больше, чем выше концентрация ароматического компонента. В такой среде асфальтены диспергируются с образованием тонкодисперсных коллоидных и молекулярно-дисперсных частиц. В среде парафиновых углеводородов образуется преимущественно грубодисперсная система. Так как нафтеновые углеводороды по строению являются промежуточными между парафиновыми и ароматическими углеводородами, то и кинетическая и агрегативная устойчивость асфальтенов в них меньше, чем в ароматических, и больше, чем в парафиновых углеводородах.

Температура вспышки определяет требования к пожарной безопасности остаточных топлив. Для топлив, используемых в судовых энергетических установках, нормируется температура вспышки в закрытом тигле (⩾75÷80 °C), для котельных топлив — в открытом тигле (90—100 °C); эти нормы обеспечивают безопасную работу судовых энергетических и котельных установок. Разница между температурами вспышки в открытом и закрытом тигле составляет примерно 30 °C:

	Мазут марки 40	Мазут марки 100
Температура вспышки, °C:		
в открытом тигле	92	120
в закрытом тигле	61	93

Содержание воды, механических примесей и зольность. Эти компоненты являются нежелательными составляющими котельных топлив, так как присутствие их ухудшает экономические показатели работы котельного агрегата, увеличивает коррозию хвостовых поверхностей его нагрева. При использовании обводненного котельного топлива в судовых энергетических установках в результате попадания глобул воды на трущиеся поверхности деталей, прецизионных пар и нарушения таким образом условий смазывающей способности топлива возможно зависание плунжеров или форсуночных игл. Как правило, вода образует с котельным топливом очень стойкие эмульсии. Большая стойкость эмульсий обусловлена высокой вязкостью мазута и наличием в нем поверхностно-активных асфальтено-смолистых стабилизаторов. С повышением температуры эмульсии разрушаются за счет уменьшения поверхностного натяжения и вязкости.

В то же время наличие воды, равномерно распределенной по всему объему, оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства топлив. Испарение мелкодисперсных частиц воды происходит мгновенно в виде «микровзрыва», процесс сгорания протекает плавно и с достаточной полнотой, что приводит к снижению удельного расхода топлива и дымности отходящих газов.

Механические примеси, как и вода, засоряют фильтры и форсунки, при этом нарушается процесс распыливания топлива. Установлены требования к содержанию механических примесей: для мазута марки 40 — не более 0,8%, для мазута марки 100 — не более 1,5%. Фактически топочные мазуты вырабатывают с более низким содержанием механических примесей — до 0,1% и лишь на отдельных нефтеперерабатывающих предприятиях эти значения приближаются к установленным по ГОСТ 10585—75.

Зола, определяемая показателем зольность, характеризует наличие в топливе солей металлов. Она отлагается при сжигании топлив на поверхностях нагрева котлов и проточной части газовых турбин. Это ухудшает теплопередачу, повышает температуру отходящих газов, снижает к. п. д. котлов и газовых турбин. Состав золы котельных топлив представлен в табл. 1.25.

Зольность топлив зависит, прежде всего, от содержания солей в нефти. Улучшение обессоливания нефтей на нефтеперерабатывающих предприятиях в последние годы позволило получать обессоленные нефти с содержанием солей не более 3—5 мг/л (рис. 38). Это, в свою очередь, позволило ужесточить

Таблица 1.25. Состав золы остаточных топлив

Топливо	Содержание в топливе, %			Содержание в золе, %						
	S	V	золы	Na	Ca	Fe	Ni	Mg	Al	Si
Мазут марки 40	2,72	0,008	0,096	14	3,5	3,8	8,5	1,0	1,2	3,0
Мазут марки 100	2,80	0,012	0,14	15	6,2	1,4	1,3	1,3	0,45	0,63
Мазут марки Ф-5	2,0	0,0073	0,05	16	2,5	10	5	0,7	1,8	1,0
Топливо ДТ	1,5	0,0002	0,03	16	6,8	1,9	1,5	1,8	1,5	4,3

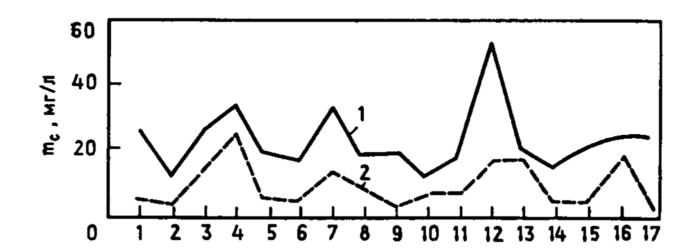


Рис. 38. Среднее содержание солей в нефтях m_c после ЭЛОУ в 1970 г. (*1*) и в 1980 г. (*2*) (цифры на оси абсцисс — точки отбора проб)

требования стандарта по зольности котельных и тяжелых моторных топлив до 0,14 и 0,10% соответственно, а при использовании топлив увеличить сроки между чистками котлов.

Ассортимент, состав и качество

Стандарт на котельное топливо — ГОСТ 10585—75 (табл. 1.26) предусматривает выпуск 4 марок топлива: флотских мазутов Ф-5 и Ф-12, которые по вязкости классифицируются как легкие топлива, топочных мазутов марки 40 — как среднее и марки 100 — как тяжелое топливо. Цифры указывают ориентировочную вязкость соответствующих марок мазутов при 50 °С. В зависимости от содержания серы топочные мазуты подразделяют на малосернистые — до 1,0%, сернистые — от 0,1 до 2,0% и высокосернистые — от 2,0 до 3,5%. Для топлив, вырабатываемых из арланской, чекмагушской и бугурусланской нефтей, допускается содержание серы в мазутах до 4,3%.

Топочные мазуты марок 40 и 100 изготавливают из остатков переработки нефти. В мазут марки 40 для снижения температуры застывания до 10 °С вовлекают 8—15% среднедистиллятных фракций, в мазут марки 100 дизельные фракции не добавляют.

Флотские мазуты марок Ф-5 и Ф-12 предназначены для сжигания в судовых энергетических установках. По сравнению с топочными мазутами марок 40 и 100 они обладают лучшими характеристиками: меньшей вязкостью, содержанием механических примесей, воды, зольностью и более низкой температурой застывания. Флотский мазут марки Ф-5 получают смешением продуктов прямой перегонки нефти: в большинстве случаев 45—55% мазута прямогонного и 55—45% дизельного топлива. Допускается использовать в его составе до 22% керосино-газойлевых фракций вторичных процессов, в том числе легкого газойля каталитического и термического крекинга. Флотский мазут марки Ф-12 вырабатывают в небольших количествах на установках прямой перегонки нефти. Основным отличием мазута Ф-12 от Ф-5 являются более жесткие требования по содержанию серы (⩽0,8% против ⩽2,0%) и менее жесткие требования по вязкости при 50 °С (⩽12 °ВУ против ⩽5 °ВУ).

Кроме флотских и топочных мазутов промышленность выпускает экспортный мазут по ТУ 38 001164—78 (табл. 1.27). Его применяют и в судовых энергетических установках на отечественной технике. Получают этот мазут смешением 85—90% остатков переработки нефти и 10—15% дистиллятных фракций.

Таблица 1.26. Характеристики мазута

Показатель	Марка топлива			
	Ф-5*	Ф-12	40	100
Вязкость условная, °ВУ (соответствующая ей кинематическая, мм²/с, не более):				
при 50 °С	5,0(36,2)	12,0 (89,0)	—	—
при 80 °С	—	—	8,0 (59,0)	16,0 (118,0)
Зольность, %, не более	0,05	0,10	0,12	0,14
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,10	0,12	0,80	1,5
воды	0,3	0,3	1,5	1,5
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
серы:				
для малосернистого	—	0,6	0,5	0,5
	—	—	1,0	1,0
для сернистого	2,0	—	2,0	2,0
для высокосернистого	—	—	3,5	3,5
Коксуемость, %, не более	6,0	6,0	—	—
Температура, °С:				
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	80	90	(90)	(110)
застывания, не выше (для мазута из парафинистых нефтей)	—5	—8	10 (25)	25 (42)
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг), на сухое топливо (не браковочная), не менее:				
для малосернистого и сернистого	41454 (9870)	41454 (9870)	40740 (9700)	40530 (9650)
для высокосернистого	—	—	39900 (9500)	39900 (9500)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	955	960	965	1015

* Нормируется также вязкость динамическая при 0 °С — не более 2,7 Па·с.

Таблица 1.27. Характеристика мазута, поставляемого на экспорт

Показатель	Мазут из малосернистых нефтей М-1,0	Мазут из сернистых нефтей	
		М-2	М-2,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	—	965	965
Вязкость условная, °ВУ, не более:			
при 50 °С	25	20	20
при 80 °С	6	6	6
Зольность, %, не более	0,1	0,1	0,1
Содержание, %, не более:			
серы	1,0	2,0	2,5
механических примесей	0,3	0,3	0,3
воды	Следы	0,5	0,5
Температура, °С:			
застывания, не выше	10	10	10
вспышки в закрытом тигле, не ниже	75	75	75
Теплота сгорания низшая, кДж/кг (ккал/кг) на сухое топливо, не менее	40610 (9700)	40190 (9600)	40190 (9600)

Основным топливом для судовых энергетических установок является моторное топливо по ГОСТ 1667—68 (табл. 1.28). Тяжелое моторное топливо марок ДТ и ДМ по вязкости приближается к флотским мазутам марок Ф-5 и Ф-12, но отличается от них содержанием серы: ⩽1,5 для топлива ДТ и ⩽2,5% — для топлива ДМ. Технология получения тяжелых моторных топлив аналогична технологии производства флотских мазутов.

Таблица 1.28. Характеристика моторного топлива для средне- и малооборотных дизелей

Показатель	ДТ высшей категории	ДТ	ДМ высшей категории
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	930	930	970
Фракционный состав: до 250 °С перегонится, %, не более	15	15	10
Вязкость при 50 °С, не более:			
кинематическая, мм²/с	20	36	130
соответствующая ей условная, °ВУ	2,95	5,0	17,4
Коксуемость, %, не более	3,0	3,0	9,0
Зольность, %, не более	0,02	0,04	0,06
Содержание, %, не более:			
серы в малосернистом топливе	0,5	0,5	—
то же, в сернистом топливе	1,5	1,5	2,0
механических примесей	0,05	0,05	0,1
воды	0,1	0,5	0,5
ванадия	0,010	0,015	0,010
Температура, °С:			
вспышки в закрытом тигле, не ниже	70	65	85
застывания, не выше	—5	—5	10

Примечание. Содержание сероводорода и водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

Таблица 1.29. Характеристики перспективных судовых топлив

Показатель	Судовое высоковязкое		
	легкое	тяжелое	сверхтяжелое
Вязкость условная (при температуре, °С) °ВУ, не более	5(50)	8(80)	16(100)
Зольность, %, не более	0,05	0,12	0,15
Содержание, %, не более:			
механических примесей	0,10	0,30'	0,60
воды	0,5	1,0	1,0
серы	2,5	3,5	5,0
ванадия	0,015	0,030	0,060
Коксуемость, %, не более	7,0	15,0	22,0
Температура, °С:			
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	61	61	(110)
застывания, не выше:			
для топлив I вида	+5	+10	+25
для топлив II вида	—	+25	—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	965	990	1015

В перспективе с углублением переработки нефти и утяжелением остаточных компонентов мазутов предполагается исключить выработку и поставку мазута марки 40 на ТЭЦ. Основным котельным топливом для котельных установок будет мазут марки 100. На ТЭЦ, получающих мазут по трубопроводам НПЗ — ТЭЦ, будет подаваться мазут марки 200.

Для унификации и оптимизации качества тяжелых моторных топлив, применяемых на флоте, разрабатывается стандарт на судовые топлива. Он включает 3 марки топлива: судовое высоковязкое — легкое, тяжелое, сверхтяжелое (табл. 1.29), что позволит сократить ассортимент топлив, используемых в судовых энергетических установках.

Газотурбинное топливо

Согласно ГОСТ 10433—75 «Топливо нефтяное для газотурбинных установок» топливо получают из дистиллятов вторичных процессов и прямой перегонки нефти. В табл. 1.30 приведены требования к качеству газотурбинного топлива. Оно характеризуется низкой зольностью — 0,01% (т. е. на уровне дизельного топлива), при повышенной зольности в проточной части турбины оседают отложения. Строго ограничивается содержание ванадия и серы. Наличие ванадия приводит к высокотемпературной ванадиевой коррозии лопаток газовой турбины, при этом коррозионно-активным является пентаоксид ванадия V_2O_5.

Таблица 1.30. Характеристик топлива для газотурбинных установок

Показатель	I сорт	II сорт
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	935	935
Вязкость условная при 50 °С, °ВУ, не более	3,0	3,0
Теплота сгорания низшая, кДж/кг, не менее	39 800	39 800
Зольность, %, не более	0,01	0,01
Содержание, %, не более:		
ванадия, 10^{-4}	2	4
серы	1,0	2,5
сероводорода	Отсутствие	
воды	0,2	0,5
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
механических примесей	0,02	0,03
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	65	61
застывания, не выше	5	5
Иодное число, г I_2/100 г, не более	20	45
Коксуемость, %, не более	0,5	0,5

Последний при температуре >650 °С, будучи в полужидком состоянии, катализирует процесс окисления металла кислородом и одновременно растворяет продукты окисления, способствуя взаимодействию кислорода с металлом. С повышением содержания ванадия в топливе скорость коррозии возрастает, и чем выше температура, тем при более низком его содержании наблюдается характерный перелом, свидетельствующий о начале катастрофического коррозионного процесса. Сера усиливает ванадиевую коррозию железных сплавов.

Ванадий в нефти распределяется неравномерно. Основная часть его концентрируется в остатках переработки нефти (табл. 1.31). Немного ванадия содержится и в дистиллятных фракциях, причем в последних, получаемых прямой перегонкой, в несколько большем количестве, чем в дистиллятных фракциях вторичных процессов (легких газойлях коксования, каталитического или термического крекинга), так как ванадий остается на катализаторе, либо концентрируется в остатках. Содержание ванадия во фракциях составляет (10^{-4}%):

Прямогонное дизельное топливо	0,5
Легкий газойль каталитического крекинга	<0,1
Легкий газойль коксования	<0,1

Определяют содержание ванадия по ГОСТ 10364—63. Этот метод позволяет достоверно определить содержание ванадия в пределах 0,003...0,02%. При меньшем содержании ванадия его определяют атомно-адсорбционным методом.

Даже при малом содержании ванадия возможна коррозия, вызываемая присутствием натрия и калия (натрий попадает в топливо с водой, особенно при транспортировании его водным транспортом). Сульфат натрия Na_2SO_4, попадая в камере сгорания в зоны высоких температур, диссоциирует, и сульфат-ион, в свою очередь, также диссоциирует, при этом выделяется триоксид серы и ион кислорода. Последний взаимодействует с оксидной пленкой, и сульфат-ион в случае нарушения защитной пленки непосредственно взаимодействует с металлом лопатки, при этом образуются сульфид и оксид металла, а также ион кислорода. Обычно содержание натрия и калия в газотурбинных топливах не превышает 0,0004%.

За последние 20 лет развития газотурбостроения, в связи с изменением режима работы турбины и повышением температуры газов на выходе газотурбинной установки, требования к топливу постоянно ужесточались. Было создано топливо нефтяное (ТУ 38 101856—80) для пиковых газотурбинных установок с более жесткими требованиями к содержанию ванадия, натрия, калия и кальция (табл. 1.32).

На нефтеперерабатывающих предприятиях газотурбинное топливо по ГОСТ 10433—75 и ТУ 38 101858—80 получают компаундированием легких газойлей коксования, каталитического крекинга и прямогонных фракций дизельного топлива, выкипающих в пределах 180—420 °С. В некоторых случаях газотурбинное топливо получают только на основе продуктов прямой перегонки, и тогда возникают трудности с обеспечением требуемой температуры застывания (⩽5 °С). Последняя является важнейшим показателем при использовании топлива на газотурбинных установках водного транспорта, не оборудованных

Таблица 1.31. Распределение металлов во фракциях нефтей

Пределы выкипания фракций, °С	Содержание S, % (масс.)	Содержание металлов, г/т					
		V	Ni	Ca	Fe	Mg	Na
Арланская нефть							
Исходная нефть	2,92	150	50	2,0	32	0,6	3,0
200—250	0,98	0,006	Следы	0,5	0,4	0,16	0,3
250—300	2,40	0,01	Следы	0,6	0,3	0,15	0,4
300—350	2,85	0,02	Следы	0,3	0,6	0,30	0,4
350—400	3,50	0,12	0,06	0,5	1,8	0,30	0,4
>400	4,30	300	100	4	65	1,4	6,0
Смесь западносибирских нефтей							
Исходная нефть	1,34	45	7,0	6	40	1,0	—
400—450	1,76	0,03	0,1	4	0,4	0,20	—
>350		90	20	10	30	1,0	—
> 450	2,79	150	30	20	60	3,0	—
Масла >450	2,01	70	10	8	20	1,0	—
Смолы	3,59	130	14	10	30	4,0	—
Асфальтены	4,03	830	180	150	50	15	—

*Таблица 1.32. Характеристика нефтяного топлива для газотурбинных установок**

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость условная при 50 °С, °ВУ	≤1,6	Содержание, %:	
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	≥39 800	ванадий	≤$0{,}5\cdot10^{-4}$
Зольность, %	≤0,01	натрий+калий	≤$2{,}0\cdot10^{-4}$
Температура, °С:		кальций	≤$4{,}0\cdot10^{-4}$
вспышки в закрытом тигле	≥65	сера	≤1,8
застывания	≤5	сероводород	Отсутствие
Коксуемость, %	≤0,2	водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие
		механические примеси	≤0,02
		вода	≤0,1

* С 1989 г. показатели топлива включены в ГОСТ 10433—75 взамен I сорта.

системами подогрева. Снизить $t_{заст}$ можно введением депрессорных присадок:

Концентрация присадки, %	0	0,0125	0,025	0,05	0,10
$t_{заст}$, °С	15	7	1	—13	—25

Концентрация в топливе присадки зависит от типа перерабатываемой нефти, состава и технологии получения.

Печное топливо

Печное бытовое топливо вырабатывают из дизельных фракций прямой перегонки и вторичного происхождения — дистилляты термического, каталитического крекинга и коксования. Характеристика топлива в соответствии с ТУ 38 1011656—76 приведена в табл. 1.33, а основные физико-химические показатели промышленных образцов печного топлива — в табл. 1.34. По фракционному составу печное бытовое топливо несколько тяжелее дизельного топлива по ГОСТ 305—82 [до 360 °С перегоняется не менее 90% (об.) вместо 96% (об.)] и имеет более высокую вязкость (до 8,0 мм²/с при 20 °С против 3,0—6,0 мм²/с). В нем не нормируют цетановое и иодное числа, температуру помутнения. При переработке сернистых нефтей содержание серы в топливе до 1,1%. В период с 1 апреля по 1 сентября допускается производство топлива с температурой застывания не выше —5 °С. Однако в северных районах страны при работе на обычном стандартном топливе в зимний период наблюдается потеря текучести на линии подачи топлива в отопительные установки, а также забивка парафинами фильтров грубой очистки. Перед форсунками теплогенераторов расположены фильтры с ячейками размером ≈0,5 мм. При работе бытовых отопительных установок с небольшим расходом топ-

Таблица 1.33. Характеристика печного бытового топлива

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Фракционный состав, °С:		Испытание на медной пластинке	Выдерживает
10% (об.)	≥160	Кислотность, мг КОН/100 см³	≤5,0
90% (об.)	≤360		
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	≤8,0	Зольность, %	≤0,02
		Коксуемость 10%-го остатка, %	≤0,35
Температура, °С:		Цвет	От светло-коричневого до черного
вспышки в закрытом тигле	≥45		
застывания	≤—15	Теплота сгорания низшая, кДж/кг, на сухое топливо	≥41 000
Содержание, %:			
серы в малосернистом (сернистом) топливе	≤0,5(≤1,1)	Плотность при 20 °С, кг/м³	[*]
воды	Следы		

Примечание. Содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей — отсутствие.

Таблица 1.34. Физико-химические свойства образцов печного бытового топлива

Показатель	Номер образца									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	На основе дистиллятов термического крекинга			*С вовлечением газойля каталитического крекинга*			*На основе прямогонных дизельных фракций*			
Фракционный состав, °С:										
10% (об.)	205	186	200	200	200	196	187	225	189	212
96% (об.)	352	318	330	350	360	360	300	346	320	360
Вязкость кинематическаи при 20 °С, мм²/с	3,60	3,32	3,80	3,42	3,92	4,52	2,95	4,12	3,86	3,94
Температура, °С:										
застывания	—15	—19	—19	—16	—12	—13	—22	—16	—18	—6
вспышки в закрытом тигле	59	56	59	55	62	58	52	76	54	79
предельная фильтруемости	—6	—8	—7	—9	—7	—10	—11	—10	—7	—8
Содержание серы, %	0,83	0,50	0,52	0,50	0,85	0,80	0,42	0,32	0,40	0,20
Кислотность, мг КОН/100 см³	1,4	1,2	0,9	0,9	0,9	1,1	0,8	0,7	0,7	0,23
Коксуемость 10%-го остатка, %	0,12	0,11	0,12	0,14	0,13	0,15	0,03	0,09	0,09	0,08
Плотность, кг/м³	825	822	834	830	882	836	834	832	830	828

лива (0,5—3 кг/ч) последнее прогревается внутри помещения, и фильтр, устанавливаемый вблизи горелки, не забивается. В этом случае достаточно обеспечить соответствующую текучесть топлива при его транспорте и перекачках.

При эксплуатации теплогенераторов или котлов средней производительности, например 28—70 кг/ч, используемых на животноводческих фермах, возможна забивка парафинами фильтров, расположенных на линиях под открытым небом. В этом случае необходимо улучшать не только текучесть топлива при низких температурах, но и прокачиваемость его через фильтры.

Для улучшения низкотемпературных свойств печного топлива в промышленности применяют депрессорные присадки, синтезированные на основе сополимера этилена с винилацетатом.

Глава 2
МОТОРНЫЕ МАСЛА

Для смазывания двигателей внутреннего сгорания применяют моторные масла. В зависимости от назначения их подразделяют на масла для дизелей, карбюраторных и авиационных двигателей. По способу производства они могут быть дистиллятными, остаточными, компаундированными (смесь дистиллятного и остаточного масел) и загущенными (содержащими полимерные присадки).

МАСЛА ДЛЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ДИЗЕЛЕЙ

Общие требования и свойства

Моторное масло следует рассматривать как составляющую смазочной системы двигателя. Оно может длительно и надежно выполнять свои функции только при соответствии свойств тем термическим, механическим и химическим воздействиям, которым масло подвергается в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей. Взаимное соответствие конструкции двигателя и свойств масел — одно из важнейших условий достижения высокой эксплуатационной надежности двигателей. Современные моторные масла должны отвечать многим требованиям, из них главные следующие:

высокая моющая, диспергирующе-стабилизирующая, пептизирующая и солюбилизирующая способность по отношению к

нерастворимым загрязнениям в сочетании с эффективным нейтрализующим действием обеспечивают чистоту поршней, картера, маслопроводов, фильтров;

высокая термическая и термоокислительная стабильность позволяют использовать масло при высокой рабочей температуре;

минимальный износ трущихся деталей за счет высокой прочности масляной пленки, достаточной вязкости при высокой температуре, способности модифицировать поверхность металла при граничном трении и нейтрализовать образующиеся при работе продукты кислотного характера;

отсутствие коррозионного воздействия на материал деталей двигателя и способность предохранять их от внешних коррозионных агентов*;

пологая вязкостно-температурная характеристика для обеспечения достаточно легкого пуска при низкой температуре и надежной работы при тяжелых режимах;

совместимость с материалами уплотнений, высокая стабильность при транспортировании, хранении и применении;

невысокая склонность к пенообразованию для обеспечения нормальной работы масляных насосов и подачи масла к трущимся поверхностям в необходимом количестве.

К некоторым маслам предъявляют специфические, дополнительные требования. Так, масла, загущенные вязкостными присадками, должны обладать достаточно высокой стойкостью к механической и термической деструкции; для судовых масел особенно важна влагостойкость присадок и малая эмульгируемость с водой; для энергосберегающих — антифрикционность.

Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателей, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моюще-диспергирующие свойства масла, тем больше нерастворимых веществ — продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, тем меньше лакообразных отложений и нагаров образуется и остается на горячих деталях. Зависимость массы отложений на поршнях двигателя от концентрации моюще-диспергирующей присадки в масле и содержания серы в применяемом топливе представлена на рис. 39. Кроме концентрации моюще-диспергирующих присадок существенное значение имеет их эффективность, а также приемистость к ним базового масла. Наиболее распространенными присадками в композициях моторных масел являются сульфонаты, алкилфеноляты, алкилсалицилаты и фосфонаты кальция, бария или магния в различных сочетаниях друг с другом (зольные присадки),

* Консервационные свойства масел описаны в главе 7.

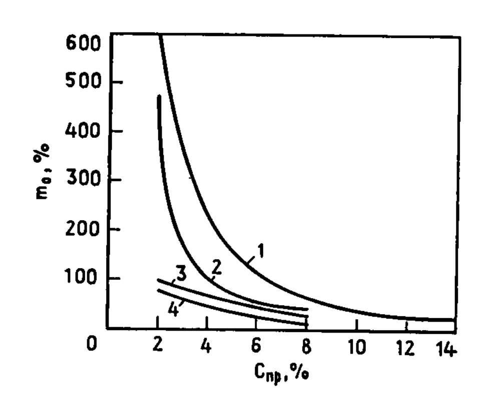


Рис. 39. Зависимость массы отложений $м_0$ на поршне двигателя 4Ч 10,5/13 от концентрации $C_{пр}$ моюще-диспергирующей присадки при содержании серы в топливе: *1* — 1,5%; *2* — 1,0%; *3* — 0,6%; *4* — 0,2%

а также с беззольными диспергантами — веществами, снижающими склонность масла к образованию низкотемпературных отложений и скорость загрязнения фильтров.

Механизм действия зольных моющих присадок объясняют их адсорбцией на поверхности нерастворимых в масле частиц. В результате адсорбции на каждой частице образуется оболочка из обращенных в объем масла углеводородных радикалов. Эта оболочка препятствует коагуляции частиц загрязнений, их соприкосновению между собой. Двойной электрический слой придает одноименные электрические заряды частицам, на которых адсорбированы присадки, благодаря чему достаточно крупные частицы отталкиваются друг от друга. При работе двигателей на топливах с высоким содержанием серы щелочные моюще-диспергирующие присадки препятствуют нагаро- и лакообразованию на деталях двигателей в результате нейтрализации кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива.

Металлсодержащие моющие присадки повышают зольность масла, что может приводить к таким нежелательным явлениям, как образование зольных отложений в камере сгорания, замыкание электродов свечей зажигания, преждевременное воспламенение рабочей смеси или детонация, прогар выпускных клапанов, абразивный износ. Поэтому сульфатную зольность масел обычно ограничивают верхним пределом. Ее значение зависит от конструкции двигателя, расхода масла на угар, условий эксплуатации, в частности от содержания серы в топливе.

В лабораторных условиях моющие свойства моторных масел определяют на модельной установке ПЗВ, состоящей из малоразмерного двигателя, приводимого в действие от электромотора и имеющего нагрев цилиндра. В стендовых условиях моющие свойства оценивают стандартными испытаниями на одноцилиндровых моторных установках или полноразмерных двигателях. Критерием оценки служит чистота поршня, а также других деталей двигателя, масляных фильтров, центрифуг.

Антиокислительные свойства. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не удается. Соответствующей очисткой базовых масел от нежелательных соединений, присутствующих в сырье, а также введением антиокислительных присадок можно значительно затормозить процессы окисления масла, которые приводят к росту его вязкости и коррозионной активности, склонности к образованию отложений, загрязнению масляных фильтров и другим неблагоприятным последствиям.

Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонком слое: на металлических поверхностях деталей, нагревающихся до высокой температуры (поршень, поршневые кольца, цилиндр, стебли и направляющие клапанов). В объеме масло окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, холодильнике и маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя из-за барботажа масло находится в виде тумана, что создает благоприятные условия для контакта мелких капель масла с картерными газами и, следовательно, для его окисления.

Значительно влияют на скорость и глубину окислительных процессов частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые попадают в масло в результате износа двигателя, недостаточной очистки всасываемого воздуха, нейтрализации присадками неорганических кислот, а также металлорганические соединения меди, железа и других металлов, образующиеся в результате коррозии деталей двигателя или взаимодействия частиц изношенного металла с органическими кислотами. Все эти вещества каталитически ускоряют процесс окисления масла.

Стойкость моторных масел к окислению повышается при введении антиокислительных присадок. Это соединения различных классов, различающиеся механизмом действия. Наибольшее значение имеют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка и других металлов. Часто их комбинируют друг с другом, либо вводят в сочетаниях с беззольными антиокислителями. К числу последних относятся пространственно затрудненные фенолы, ароматические амины, беззольные тиофосфаты и др. Довольно энергичными антиокислителями являются некоторые моюще-диспергирующие присадки, в частности алкилсалицилатные и алкилфенольные.

Действие антиокислительных присадок связано с их способностью разлагать гидропероксиды, деактивировать свободные радикалы и катализаторы окисления, пассировать металлические поверхности. Обычно окисление моторного масла не сопровождается интенсивным ростом вязкости и другими нежелательными явлениями, пока в масле не израсходованы антиокислительные присадки (рис. 40).

В стандартах и технических условиях на моторные масла их стойкость к окислению косвенно характеризуется индукци-

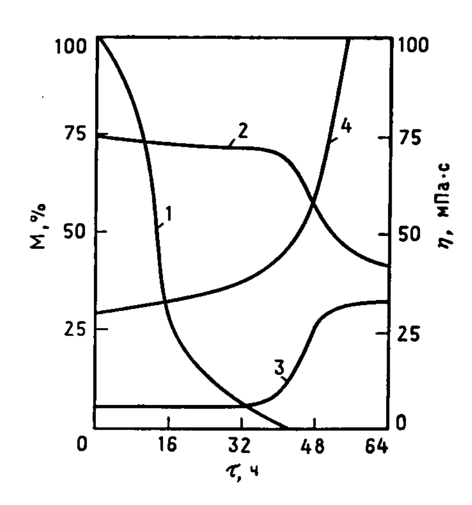


Рис. 40. Зависимость состава *M* и динамической вязкости η при 40 °C масла от срабатывания антиокислительной присадки (времени работы двигателя τ):

1—3 — содержание дитиофосфата цинка, углеводородов и продуктов окисления соответственно; *4* — вязкость

онным периодом осадкообразования в приборе ДК-3 и термоокислительной стабильностью по методу Папок при 250 °C (для современных масел с многокомпонентными композициями присадок последний метод мало информативен). При моторных испытаниях антиокислительные свойства масел оценивают по увеличению их вязкости за время работы в двигателе установки ИКМ или Петтер W-1.

Противоизносные свойства. Способность моторных масел уменьшать интенсивность изнашивания трущихся деталей, предотвращать износные отказы двигателей зависит от химического состава и полярности компонентов базового масла, а также от состава композиции присадок. Важную роль играет также вязкостно-температурная характеристика масла с присадками, в частности эффективная вязкость при высокой температуре (130—180 °C) и высоком градиенте скорости сдвига (10^5—10^7 $с^{-1}$), зависимость вязкости от давления, свойства граничных слоев масла, его способность химически модифицировать поверхностные слои сопряженных трущихся деталей.

При работе на топливах с повышенным содержанием серы, а также в условиях, способствующих образованию азотной кислоты из продуктов сгорания (газовые двигатели, дизели с высоким наддувом), важнейшей характеристикой способности масла предотвращать износ поршневых колец и цилиндров является щелочное число, его нейтрализующая способность. На рис. 41 представлена зависимость износа первых компрессионных колец двигателя от щелочного числа масла и содержания серы в дизельном топливе.

Различные узлы и детали двигателя (за исключением крейцкопфных дизелей) смазываются обычно одним маслом, а условия трения и изнашивания в них неодинаковы. Подшипники коленчатого вала, поршни и поршневые кольца в сопряжении с цилиндром работают преимущественно в условиях гидродинамической смазки. Шестерни привода агрегатов, масляных насосов и детали механизма привода клапанов работают

в условиях эластогидродинамической смазки. Вблизи мертвых точек жидкостное трение поршневых колец по стенке цилиндра переходит в граничное; этому может способствовать малая эффективная вязкость масла и неблагоприятный режим эксплуатации двигателя с частыми и резкими изменениями частоты вращения и нагрузки.

Множественность факторов, влияющих на износ деталей двигателей, принципиальные различия режимов трения и изнашивания узлов сильно затрудняют оптимизацию противоизносных свойств моторных масел. Однако наличие в масле щелочных моющих присадок и антиокислителей, в частности дитиофосфатов цинка, часто оказывается достаточным для предотвращения коррозионно-механического изнашивания и модифицирования поверхности деталей тяжелонагруженных сопряжений во избежание задиров или усталостного выкрашивания. В некоторых случаях в состав масла необходимо вводить дополнительные противоизносные компоненты.

Большое влияние на износ оказывает наличие в масле абразивных загрязнений. Их присутствие в свежих маслах недопустимо, а масло, работающее в двигателе, должно непрерывно подвергаться очистке в фильтрах, центрифугах и сепараторах.

Смазывающие свойства, определяемые на четырехшариковой машине трения (ЧШМ), нормируют в стандартах и технических условиях на многие моторные масла для контроля процесса производства и состава масел. Непосредственную связь

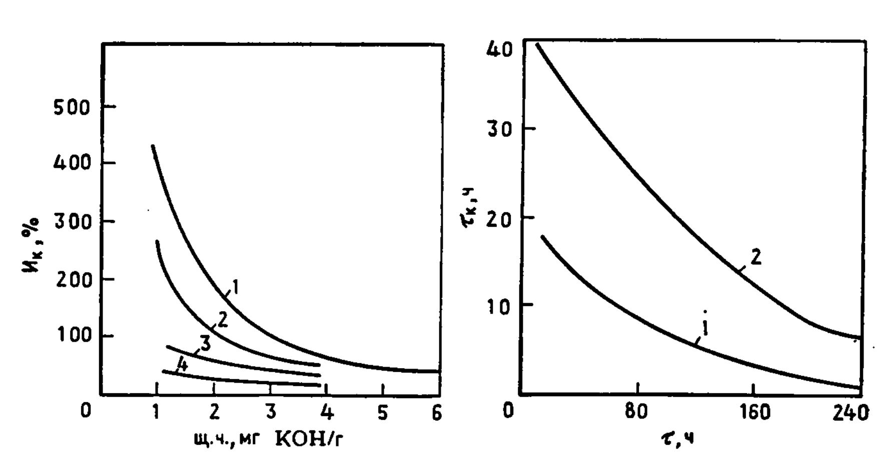


Рис. 41. Зависимость износа поршневых колец $И_к$ двигателя 4Ч 10,5/13 от щелочного числа масел (щ. ч.) при содержании серы в топливе:

1 — 1,5%; *2* — 1,0%; *3* — 0,6%; *4* — 0,2%

Рис. 42. Зависимость индукционного периода коррозии $τ_к$ (ДК-НАМИ, 160 °C) от продолжительности работы масла в дизеле τ:

1 — М-10Г₂к; *2* — М-10ДМ

смазывающих свойств, определяемых на ЧШМ, с фактическими противоизносными свойствами моторных масел в двигателях установить не всегда можно. При моторных испытаниях противоизносные свойства масел оценивают по потере массы поршневых колец, задиру или питтингу кулачков и толкателей, линейному износу этих деталей и цилиндров.

Антикоррозионные свойства. Коррозионная активность моторных масел зависит от углеводородного состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антиокислительных и антикоррозионных присадок, наличия в масле природных антикоррозионных соединений и антиокислителей. Во многих моторных маслах роль и антиокислительных, и антикоррозионных присадок выполняют диалкил- или диарилдитиофосфаты цинка. В процессе старения коррозионная активность масел возрастает (рис. 42). Более склонны к увеличению коррозионной активности масла из малосернистых нефтей с высоким содержанием парафиновых углеводородов, при окислении образующих агрессивные органические кислоты, которые взаимодействуют с цветными металлами и их сплавами. Действие антикоррозионных присадок связано с торможением процессов окисления масла и, главным образом, с образованием на поверхностях антифрикционных сплавов (например, свинцовистой бронзы), прочных пленок нерастворимых соединений, которые защищают находящиеся под пленкой слои от растворения агрессивными кислотами. Иногда используют специальные дезактиваторы металлов, образующие хелатные комплексы.

Антикоррозионные присадки, обычно применяемые в моторных маслах, не защищают от коррозии сплавы на основе серебра и фосфористые бронзы, а даже способствуют очень сильной коррозии таких материалов, особенно при высокой температуре. Двигатели, в конструкции которых использованы подобные антифрикционные материалы, необходимо смазывать специальными маслами, не содержащими дитиофосфатов цинка.

В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по потере массы свинцовых пластин (в расчете на 1 м² их поверхности) за время испытания в приборе ДК-3 при температуре 140 °С. При моторных испытаниях коррозионную активность масел характеризуют потерей массы шатунных подшипников, вкладыши которых залиты свинцовистой бронзой (двигатель ЯАЗ-204 или установка Петтер W-1).

Вязкостно-температурные свойства. Вязкость — одна из важнейших характеристик смазочных масел. Она определяет возможность обеспечения жидкостного трения, эффективность охлаждения, легкость пуска, прокачиваемость масла по смазочной системе. Интенсивность изменения вязкости с изменением температуры зависит от углеводородного состава масел: наименьшая у парафиновых углеводородов и наибольшая — у ароматических углеводородов, а нафтеновые занимают промежуточное положение.

В соответствии с нормативно-технической документацией вязкостно-температурные свойства моторных масел характеризуют индексом вязкости. Это — относительная величина, показывающая степень изменения вязкости в зависимости от температуры. Индекс вязкости рассчитывают по значениям кинематической вязкости при 40 и 100 °С (ГОСТ 25371—82) или находят по таблицам. Вязкостно-температурные свойства масел оценивают также кинематической вязкостью при низкой (0 и —18 °С) температуре.

Сезонные моторные масла не обладают достаточными вязкостно-температурными свойствами для круглогодичного использования их: если обеспечивается надежная работа при высокой установившейся температуре, то трудно пустить двигатель в холодное время, и наоборот (рис. 43, поз. *1*, *3*). Создание масел, способных обеспечить работу двигателей в летнее время, и пуск при низкой температуре зимой — задача сложная. Для улучшения вязкостно-температурных свойств применяют вязкостные (загущающие) присадки. В качестве присадок используют полимерные соединения (полиметакрилаты, полиизобутены, сополимеры олефинов, стирола с диенами и др.), которые относительно мало меняют вязкость масла при низкой и значительно повышают ее при высокой температуре (рис. 44). Такие масла называют загущенными всесезонными, если охватываемый диапазон вязкостных классов достаточно

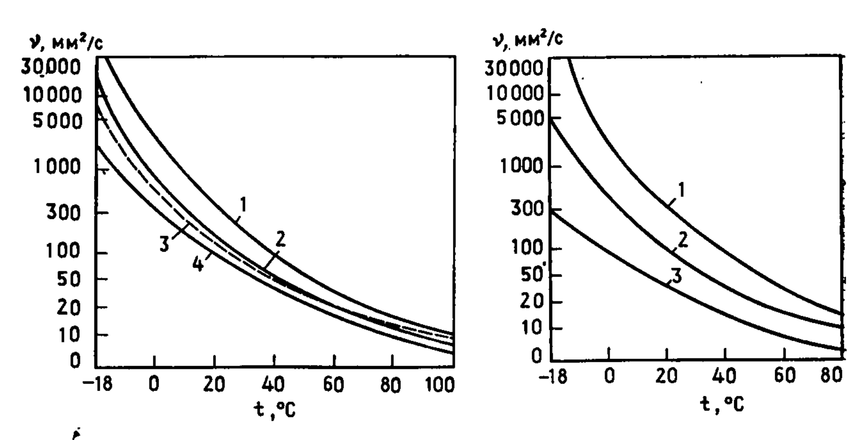


Рис. 43. Зависимость кинематической вязкости моторных масел ν от температуры *t*:
1 — М-10Г₂; *2* — М-8Г₂; *3* — М-6₃/10В; *4* — М-4₃/6В₁

Рис. 44. Действие вязкостных присадок:
1 — летнее масло; *2* — загущенное всесезонное масло; *3* — маловязкая базовая основа

широк (масло работоспособно летом и зимой, см. рис. 43, поз. 3), или зимними (см. рис. 43, поз. 4).

При температуре $>100\,^{\circ}C$ вязкость масел существенно снижается, интенсивность ее изменения определяется по формуле:

$$\nu_t = \nu_{100} C_t,$$

где ν_t, ν_{100} — кинематическая вязкость при температуре определения t и при 100 °C, мм²/с; C_t — осредненный вязкостно-температуриый коэффициент, равный $C_t = 1/(e^{t/103} - 1{,}63)$.

Для обеспечения работоспособности нагруженных подшипников коленчатого вала минимально допустимая кинематическая вязкость при рабочей температуре составляет 4—5 мм²/с. Надежная работа подшипников наиболее распространенных высокооборотных дизелей в летний период на маслах вязкостью 10 мм²/с при 100 °C будет обеспечена до температуры масляного слоя 150—155 °C. Разница между температурами масла в картере и наиболее нагруженной зоной шатунных подшипников при условии отвода необходимого количества теплоты составляет 30—40 °C. Таким образом, при использовании наиболее распространенных масел температура масла в картере не должна превышать 125 °C.

Низкотемпературные свойства масел характеризует также температура застывания. Это температура, при которой масло теряет подвижность (при наклоне пробирки с маслом под углом 45° уровень жидкости не меняется в течение 1 мин). Температура застывания зависит в основном от содержания в масле парафиновых углеводородов, их структуры и молекулярной массы. Масла с температурой застывания до —10...—15 °C получают удалением парафинов в процессе депарафинизации. Для получения зимних масел с температурой застывания —25...—30 °C и ниже депарафинизация бывает экономически нецелесообразна, и для понижения температуры застывания используют присадки-депрессоры.

При охлаждении из масла выделяются кристаллы парафина, образующие каркас, внутри которого находится жидкое масло. Депрессоры на поверхности кристаллов парафина создают пленки, препятствующие образованию каркаса или способствующие агрегации кристаллов и уменьшению их поверхности. Поэтому масло сохраняет текучесть до более низкой температуры. Эффективные депрессоры в концентрации от десятых долей процента до 1,5% способны понижать температуру застывания масла на 20—25 °C. Для получения масел с низкой стабильной температурой застывания и низкой предельной температурой прокачиваемости предпочтительны базовые масла, подвергнутые глубокой депарафинизации.

Система обозначений и методы моторных испытаний

Система обозначения моторных масел установлена ГОСТ 17479.1—85 и включает несколько знаков: букву М (моторное), цифру, характеризующую класс кинематической вязкости, и букву, обозначающую принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам. В зависимости от кинематической вязкости масла подразделяют на классы (табл. 2.1). Дробные классы указывают, что по вязкости при температуре —18 °C масло соответствует классу, указанному в числителе, а по вязкости при 100 °C — классу, указанному в знаменателе.

В зависимости от уровня эксплуатационных свойств и области применения масла делят на группы (табл. 2.2). Индекс 1 присваивают маслам для карбюраторных двигателей, индекс 2 — для дизелей. Универсальные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и карбюраторных двигателях одного уровня форсирования, индекса в обозначении не имеют. Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла как дизельного, второе — как карбюраторного.

Примеры обозначения моторных масел: М-8-$В_1$ — моторное масло класса вязкости 8, — предназначено для среднефорсированных карбюраторных двигателей ($В_1$); М-$6_з$/10-В — моторное масло класса вязкости $6_з$/10, универсальное для среднефорсированных дизелей и карбюраторных двигателей (В); М-$4_з$/8-$В_2Г_1$ — моторное масло класса вязкости $4_з$/8, предназначено для использования в среднефорсированных дизелях ($В_2$) и высокофорсированных карбюраторных двигателях ($Г_1$).

После основного обозначения в скобках может быть указано дополнительное, характеризующее отличительные признаки масла, например «рк» — рабоче-консервационное, «цл» — для циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем, «20», «30» — значение щелочного числа и т. д.

Таблица 2.1. Классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1—85)

Класс	ν_{100}, мм²/с	ν_{-18}, мм²/с	Класс	ν_{100}, мм²/с	ν_{-18}, мм²/с
$3_з$	⩾3,8	⩽1250	$3_з$/8	7,0—9,5	⩽2500
$4_з$	⩾4,1	⩽2600	$4_з$/6	5,6—7,0	⩽2600
$5_з$	⩾5,6	⩽6000	$4_з$/8	7,0—9,5	⩽2600
$6_з$	⩾5,6	⩽10 400	$4_з$/10	9,5—11,5	⩽2600
6	5,6—7,0	—	$5_з$/10	9,5—11,5	⩽6000
8	7,0—9,5	—	$5_з$/12	11,5—13,0	⩽6000
10	9,5—11,5	—	$5_з$/14	13,0—15,0	⩽6000
12	11,5—13,0	—	$6_з$/10	9,5—11,5	⩽10 400
14	13,0—15,0	—	$6_з$/14	13,0—15,0	⩽10 400
16	15,0—18,0	—	$6_з$/16	15,0—18,0	⩽10 400
20	18,0—23,0	—			

Таблица 2.2. Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1—85)

Группа	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные карбюраторные двигатели и дизели
$Б_1$	Малофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
$Б_2$	Малофорсированные дизели
$В_1$	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию всех видов отложений
$В_2$	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
$Г_1$	Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению
$Г_2$	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений
Е	Лубрикаторные системы смазывания цилиндров дизелей, работающих на топливе с высоким содержанием серы

До введения с января 1987 г. стандарта на систему обозначений марок моторных масел (ГОСТ 17479.1—85) маркировка масел была иная. Обозначение моторных масел по ГОСТ 17479.1—85 и соответствие их маркам, ранее принятым в нормативно-технической документации (НТД), даны в табл. 2.3. Количественная характеристика степени форсирования дизелей и ее взаимосвязь с требуемым уровнем эксплуатационных свойств масел показана на рис. 45.

В практике нередко возникает необходимость выбрать отечественное масло для импортируемой техники или зарубежный продукт для экспортируемой. Несмотря на разнообразие марок моторных масел, выпускаемых многочисленными нефтеперерабатывающими фирмами, в их обозначениях имеется указание на класс вязкости по системе SAE (Американское общество автомобильных инженеров) и уровень эксплуатационных свойств по системе API (Американский институт нефти). Ориентировочное соответствие этих систем с принятыми в отечественной практике представлено в табл. 2.4.

При поставке техники на экспорт целесообразно приводить не торговые марки масел, а указывать класс вязкости по SAE

Таблица 2.3. Соответствие обозначений марок моторных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.1—85	Ранее принятое в НТД обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1—85	Ранее принятое в НТД обозначение	Обозначение по ГОСТ 17479.1—85	Ранее принятое в НТД обозначение
М-8-$В_1$	М-8$В_1$	М-10-$Б_2$	ДП-11У	М-14-$Г_2$	М-14$Г_2$
М-4з/6-$В_1$	М-4з/6$В_1$	М-12-$В_2$	М-12$В_2$У	М-16-$Г_2$(цс)	М-16$Г_2$ЦС
М-6з/10-В	М-6з/10В (ДВ-АСЗп-10В)	М-14-$В_2$	М-14$В_2$	М-14-$Г_2$(б)	М-14ГБ
М-16-А(т)	МТ-16п (с ЦИАТИМ-339)				
М-20-А	М-20А	М-14-$В_2$з	М-14$В_2$з	М-20-$Г_2$	М-20$Г_2$
М-20-А	МС-20п	М-16-$В_2$	М-16$В_2$	М-10-Д	М-10Д
М-8-Б	МТ-8п	М-16-$В_2$	М-16ИХП-3	М-16-Д	М-16Д
М-6з/10-$Б_2$	МТЗ-10п	М-20-$В_2$	М-20$В_2$	М-10-Д(м)	М-10ДМ
М-12-$Б_2$	М-12Б	М-20-$В_2$(ф)	М-20$В_2$Ф	М-8Д(м)	М-8ДМ
М-14-$Б_2$	М-14Б	М-10-$Г_2$(цс)	М-10$Г_2$ЦС	М-10-Д (цл 20)	М-10ДЦЛ20
М-16-$Б_2$(т)	МТ-16п (с ПМС и ИП-22к)				
М-20-$Б_2$	М-20БП	М-8-$Г_2$	М-8$Г_2$	М-14-Д (цл 20)	М-14ДЦЛ20
М-8-$В_2$	М-8$В_2$	М-10-$Г_2$	М-10$Г_2$	М-14-Д (цл 30)	М-14ДЦЛ30
М-10-$В_2$	М-10$В_2$	М-8-$Г_2$(к)	М-8$Г_2$к	М-16-Е(30)	М-16Е30
М-10-$В_2$(с)	М-10$В_2$С	М-10-$Г_2$(к)	М-10$Г_2$к	М-16-Е(60)	М-16Е60
М-10-$В_2$	М-10$В_2$у	М-14-$Г_2$(цс)	М-14$Г_2$ЦС	М-20-Е(60)	М-20Е60

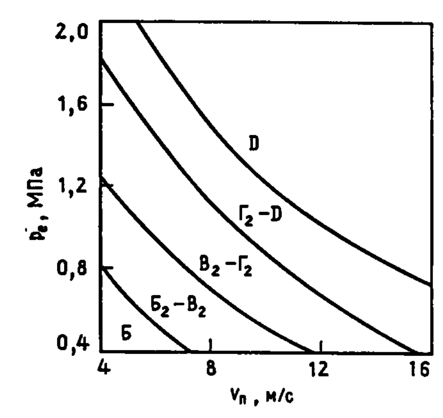


Рис. 45. Выбор группы масла по уровню эксплуатационных свойств в зависимости от степени форсирования дизелей — среднего эффективного давления p_e и средней скорости поршня $v_п$

и уровень свойств и область применения по API. Аналогично, и для импортируемой техники рекомендуется требуемый сорт масла подбирать по этим двум характеристикам. Однако следует иметь в виду, что указанное соответствие является ориентировочным, поскольку вырабатываемые разными фирмами масла существенно различны по технологии получения, составу, используемым присадкам. По этой причине нередко возникает необходимость в проведении испытаний для уточнения регламента технического обслуживания, оценки пригодности конкретного масла к применению в тех или иных двигателях. Иногда ситуация осложняется специфическими требованиями, предъявляемыми к маслу изготовителем двигателя (например, ограничение по сульфатной зольности, содержанию цинка и др.).

Уровень эксплуатационных свойств (группу) масел определяют на основании результатов моторных испытаний в одноцилиндровых установках или полноразмерных двигателях согласно ГОСТ 17479.1—85 (табл. 2.5). Моющие свойства определяют в первую очередь по загрязненности поршня. При этом учитывают подвижность поршневых колец, толщину и характер отложений в канавках, на юбке и внутри поршня. Чис-

Таблица 2.4. Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТ 17479.1—85 и системам SAE и API

ГОСТ 17479.1—85	SAE	ГОСТ 17479.1—85	SAE	ГОСТ 17479.1—85	SAE	ГОСТ 17479.1—85	API	ГОСТ 17479.1—85	API
3_3	5W	12	30	$4_3/10$	10W/30	А	SB	Г	SE/CC
4_3	10W	14	40	$5_3/10$	15W/30	Б	SC/CA	$Г_1$	SE
5_3	15W	16	40	$5_3/12$	15W/30	$Б_1$	SC	$Г_2$	CC
6_3	20W	20	50	$6_3/10$	20W/30	$Б_2$	CA	Д	CD
6	20	$3_3/8$	5W/20	$6_3/10$	20W/30	В	SD/CB	Е	—
8	20	$4_3/6$	10W/20	$6_3/14$	20W/40	$В_1$	SD	—	CE
10	30	$4_3/8$	10W/20	$6_3/16$	20W/40	$В_2$	CB	—	SG

Таблица 2.5. Методы моторных испытаний масел

Группа масла	Оцениваемый показатель	Метод: установка (стандарт)	Длительность испытания, ч	Оценочный параметр
$В_1$, $Г_1$	Моющие свойства	НАМИ-1 (ГОСТ 20991—75)	120	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1 (ГОСТ 20984—75)	120	Масса отложений в роторе центрифуги
	Антиокислительные свойства	ИКМ (ГОСТ 20457—75) или Петтер W-1	40 36	Изменение вязкости масла
$Б_2$, $В_2$	Моющие свойства	УИМ-6-НАТИ (ГОСТ 21490—76) или ИМ-1* (ГОСТ 20303—74) или дизель СМД-14 (Типовая методика)	120 100 960	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями
	Антиокислительные свойства	ИКМ (ГОСТ 20457—75) или Петтер W-1	40 36	Изменение вязкости масла
	Антикоррозионные свойства	Дизель ЯАЗ-204 (ГОСТ 20302—74) или Петтер W-1	125 36	Потери массы комплекта шатунных вкладышей
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1 (ГОСТ 20984—75)	120	Масса отложений в роторе центрифуги
$Г_2$, Д	Моющие свойства	УИМ-6-НАТИ (ГОСТ 21490—76) или ИМ-1 (ГОСТ 20303—74) или дизель ЯМЗ-238НБ (Типовая методика)	120 100 960	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями
	Антикоррозионные свойства	Дизель ЯАЗ-204 (ГОСТ 20302—74) или Петтер W-1	125 36	Потеря массы комплекта шатунных вкладышей
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1 (ГОСТ 20984—75)	120	Масса отложений в роторе центрифуги
	Антиокислительные свойства	ИКМ или Петтер W-1	40 36	Изменение вязкости масла

* Для масел группы $В_2$.

тый поршень оценивают в 0 баллов. Масло относят к группе, предусмотренной системой обозначения, если загрязненность поршня в баллах при его испытаниях не превышает более чем на 20% оценку эталонного масла той же группы или соответствует нормам, указанным в методах испытаний. Требования к эталонным маслам установлены ТУ 38 40159—84.

Часто моющие свойства оценивают в стендовых условиях на одноцилиндровых установках. Установка НАМИ-1 представляет собой одноцилиндровый отсек карбюраторного двигателя ЗИЛ-130, УИМ-6-НАТИ — тракторного дизеля Д-75. Установка ИМ-1 — это одноцилиндровый дизель типа 1*Ч* 8,5/11, переоборудованный для работы с наддувом и высокотемпературным термосифонным охлаждением. При отсутствии специальных установок проводят длительные (960 ч) испытания в полноразмерных двигателях.

Для автомобильных карбюраторных двигателей и дизелей, работающих на переменных режимах, важна склонность масел к образованию низкотемпературных отложений. Этот показатель определяют в установке НАМИ-1 по массе осадка, образующегося в роторе центрифуги.

Антиокислительные свойства оценивают испытанием на установке ИКМ (одноцилиндровый бензиновый двигатель УД-1 воздушного охлаждения, детали цилиндропоршневой группы от двигателя «Москвич-402»). Антикоррозионные свойства оценивают при испытании масла в полноразмерном дизеле ЯАЗ-204: за 125 ч потеря массы шатунных вкладышей не должна превышать 0,2 г и не должно быть видимой коррозии н механических повреждений антифрикционного слоя вкладышей.

Ассортимент масел для карбюраторных двигателей

Карбюраторные двигатели, нспользующиеся в легковых и грузовых автомобилях, автобусах, мотоциклах, мотороллерах, бензопилах, газонокосилках, в авиационной технике, работают, как правило, в резко переменных скоростных и нагрузочных режимах, что отражается на температуре моторного масла. Это вызывает ужесточение требований к способности масла предотвращать образование как высокотемпературных (нагары и лак в зоне цилиндропоршневой группы), так и низкотемпературных (шламы) отложений, а также к антиокислительным свойствам. Ассортимент масел для карбюраторных двигателей включает в основном продукты, относящиеся к группам $В_1$ и $Г_1$. В него входит также масло для двухтактных бензиновых двигателей (масло М-12-ТП). Выбор масла обусловлен уровнем форсирования и условиями эксплуатации двигателя. Рекомендованные для применения масла, сроки их смены указаны в эксплуатационной документации.

Масло М-12-ТП (ТУ 38 401666—87) получают компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с добавлением присадок, использование которых в составе топливно-масляной смеси позволяет обеспечить надежную работу двухтактных двигателей бензопил и другого оборудования. Характеристика масла для двухтактных двигателей приведена ниже:

Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	11,0—12,0
Зольность сульфатная, %	⩽0,3
Щелочное число, мг КОН/г	⩾2,3
Содержание, %:	
механических примесей	⩽0,015
воды	Следы
Температура застывания, °С	⩽—15
Плотность при 20 °С, кг/м³	⩽900

Масла группы $В_1$ (табл. 2.6)

Масла группы $В_1$ готовят на базе дистиллятных компонентов с введением композиции достаточно эффективных присадок, уровень моюще-диспергирующих и антиокислительных свойств которых обеспечивает надежную работу двигателей среднего уровня форсирования.

Масло М-4$_з$/6В$_1$ (АСЗп-6) (ОСТ 38 01370—84) получают на базе веретенного масла АУ с композицией присадок. Введение в состав масла полиметакрилата обеспечивает высокий уровень вязкостно-температурных свойств. Используют в двигателях, работающих на бензине А-76, как зимнее масло для средней климатической зоны и всесезонное для северной климатической зоны с температурой холодного пуска до —30 °С.

Масло М-8В$_1$ (ГОСТ 10541—78) получают из смеси дистиллятного и остаточного компонентов с композицией присадок. Является всесезонным для среднефорсированных двигателей легковых и грузовых автомобилей. Применяют с периодичностью замены до 18 тыс. км пробега. Рекомендовано к применению в качестве зимнего для среднефорсированных дизелей.

Масло М-8В$_1$ (ТУ 38 001344—82) получают из нефтей месторождения Сангачалы-море с композицией присадок. Используют всесезонно для автомобильных карбюраторных двигателей, работающих на бензине А-76.

Масло М-6$_з$/10В (ОСТ 38 01370—84) получают с использованием высококачественных базовых масел АСВ-5 или АСВ-6 (с разными температурами застывания) и эффективной композиции присадок. Является универсальным всесезонным для среднефорсированных автомобильных карбюраторных двигателей, работающих на бензине А-76, и среднефорсированных дизелей всех типов. Периодичность замены в автомобильных карбюраторных двигателях до 18 тыс. км пробега, в дизелях — до 500 ч.

Таблица 2.6. Характеристика масел группы $В_1$

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-4$_з$/6В$_1$	М-8В$_1$ по ГОСТ	М-8В$_1$ по ТУ	М-6$_з$/10В
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 100 °С	5,5—6,5	8±0,5	8±0,5	9,5—10,5
при 0 °С	—	⩽1200	⩽1400	—
при —18 °С,	1100—2600	—	—	⩽9000
при —30 °С	⩽11 000	—	—	—
Индекс вязкости, не менее	125	85	85*	115
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	5,5	4,0	4,0	5,5
Зольность сульфатная, %, не более	1,3	0,95	1,3	1,3
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	0,5	0,5	0,5
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч	[*]	⩾30	[*]	[*]
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	5	10	10	4
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	—	0,16	—	—
бария	—	—	0,40	—
цинка	—	0,09	—	—
фосфора	—	0,09	0,02	—
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	165	200	200	190
застывания, не выше	—42	—25	—25	—40/—30**
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	500	300	—
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,02	0,015	0,015	0,02
воды		Следы		
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ	[*]	⩽7,5	—	[*]
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	[*]	900	905	890
Моторные испытания		Выдерживает		

* По таблице значений.

** В числителе — на основе АСВ-5, в знаменателе — АСВ-6.

Масла группы $Г_1$ *(табл. 2.7)*

Масла группы $Г_1$ содержат высокоэффективные композиции присадок и предназначены для использования в форсированных двигателях (главным образом легковых автомобилей), работающих на бензине АИ-93.

Масло М-5$_з$/10-Г$_1$ (ТУ 38 1011080—86) готовят на базе индустриального И-20А с пакетом моюще-диспергирующих, антиокислительной, загущающей и других присадок фирмы «Lubrizol» и отечественного производства.

Масло М-6$_з$/12-Г$_1$ (ТУ 38 1011099—86) получают на базе смеси мало-, средне- и высоковязкого компонентов с композицией отечественных присадок, обеспечивающей повышенные противоизносные свойства, исключающей питтинг толкателей, износ кулачков распределительного вала.

Масла для дизелей

Дизели отличаются от других двигателей внутреннего сгорания очень большим разнообразием типов, конструкций, способов смесеобразования, назначений и условий эксплуатации. Поэто-

Таблица 2.7. Характеристики масел группы $Г_1$

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-5$_з$/10-Г$_1$	М-6$_з$/12-Г$_1$
Вязкость кинематическая, мм²/с:		
при 100 °С	10—11	⩾12
при —18 °С	[*]	⩽10 400
Вязкость динамическая при —18 °С, мПа·с, не более	2300	4500*
Индекс вязкости, не менее	120	115
Щелочное число мг КОН/г, не менее	5	7,5
Зольность сульфатная, %, не более	0,9	1,3
Содержание, %, не более:		
механических примесей	0,015	0,015
воды	Следы	
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	210
застывания, не выше	—38	—30
Коррозионность на пластинах из свинца, г/м²	[*]	Отсутствие
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч	[*]	⩾30
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	5,0	7,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	900	900
Содержание активных элементов, %, не менее:		
цинка	0,12	0,10
кальция	0,20	0,23
Моторные испытания	Выдерживает	

* При —15 °С.

му ассортимент дизельных масел состоит из продуктов, значительно различающихся по предъявляемым к ним требованиям и эксплуатационным свойствам, и охватывает все группы от А до Е. Важнейшие признаки, предопределяющие выбор марки масла, — тип и назначение дизеля, уровень его форсирования, жесткость условий эксплуатации и качество применяемого топлива. Допущенные к применению марки масел, регламент обслуживания смазочной системы, включая сроки смены масел, приведены в инструкциях по эксплуатации дизелей. Основой дизельных масел являются дистиллятные, остаточные или компаундированные базовые масла селективной очистки, получаемые из малосернистых или сернистых нефтей. Во все дизельные масла, за исключением масла М-20А, вводят многофункциональные присадки или композиции присадок.

Масла группы А (табл. 2.8)

Ассортимент масел группы А состоит из трех марок, применяемых в относительно легких эксплуатационных условиях.

Масло М-20А (ТУ 38 101317—72) — остаточное селективной очистки, без присадок. Применяют для смазывания газомотокомпрессоров и малофорсированных стационарных дизелей, работающих на топливах с малым содержанием серы.

*Таблица 2.8. Характеристики масел группы А**

Показатель	М-20А	МС-20п	МТ-16п (с присадкой ЦИАТИМ-339)
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	⩾20,0	⩾20,0	15,5—16,5
Индекс вязкости, не менее	85	80	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	—	0,9	0,9
Зольность, %	⩽0,003	⩽0,24	0,25—0,55
Моющие свойства по ПЗВ, баллы	—	—	⩽1,0
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	15	10	6,0
Смазывающие свойства: $D_и$ при 200 Н, мм, не более	—	—	0,45
Температура, °С:			
вспышки в закрытом тигле, не ниже	225	225	230**
застывания, не выше	—15	—18	—25
Степень чистоты, мг/100 г	—	—	⩽400
Содержание, %:			
механических примесей	Отсутствие	⩽0,010	⩽0,015
воды	Отсутствие	Следы	
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	7	—	7
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	898	900	905

* Для масла М-20А нормированы также: коксуемость <0,4%, содержание серы <1%, кислотное число <0,05 мг КОН/г; для масла МС-20п — содержание бария >0,14%.
** В открытом тигле.

Масло МС-20п (ТУ 38 101265—72) получают добавлением присадки ЦИАТИМ-339 к остаточному базовому маслу из малосернистых нефтей. Применяют в судовых и тепловозных дизелях типа 12ЧН18/20, эксплуатируемых на малосернистом топливе.

Масло МТ-16п (ГОСТ 6360—83) вырабатывают из сернистых нефтей, содержит многофункциональную присадку ЦИАТИМ-339 и депрессорную присадку АзНИИ—ЦИАТИМ-1. Применяют для смазывания транспортных дизелей без наддува типа В-2, двигателей узкоколейных тепловозов, строительных и дорожных машин.

Масла группы $Б_2$ (табл. 2.9)

Масла группы $Б_2$ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей, они содержат композиции присадок. Применяют в автотракторных, транспортных, судовых, тепловозных и стационарных дизелях, эксплуатируемых на топливе с малым содержанием серы.

Масло МТ-8п (ТУ 38 101277—85) получают компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с композицией присадок. Предназначено для смазывания двигателей и трансмиссий транспортных машин при зимней эксплуатации.

Масло МТЗ-10п (ГОСТ 25770—83) готовят на основе маловязкого масляного дистиллята с нормированным фракционным составом путем загущения полимерной вязкостной присадкой, содержит композицию присадок. Применяют в транспортных дизелях преимущественно для эксплуатации зимой, в легких эксплуатационных условиях можно использовать всесезонно.

Масло ДП-11у (ТУ 38 001223—75) вырабатывают из бакинских нефтей с композицией присадок. Применяют для смазывания безнаддувных автотракторных, судовых и стационарных дизелей при работе на малосернистом топливе.

Масла М-12Б и **М-14Б** (ТУ 38 101264—72) вырабатывают из малосернистых или сернистых нефтей компаундированием дистиллятного и остаточного компонентов с многофункциональной присадкой ВНИИНП-360 и противопенной присадкой ПМС-200А. Применяют в двух- и четырехтактных тепловозных дизелях типов 2Д100, Д-50 и аналогичных им по уровню форсирования двигателях маневровых и промышленных тепловозов.

Масло МТ-16п (ГОСТ 6360—83) получают из малосернистых нефтей; содержит присадки ПМС и МНИИП-22к, а также депрессорную и противопенную присадки. Применяют для смазывания транспортных дизелей типа В-2.

Масло М-20Бп (ТУ 38 101593—75) готовят добавлением к остаточному маслу из малосернистых нефтей композиции при-

Таблица 2.9. Характеристики масел группы Б₂

Показатель	МТ-8п*	МТЗ-10п*	Дп-11у*	М-12Б	М-14Б	М-20Бп	МТ-16п**
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	8,0—9,0	9,5—10,5	10,0±1,0	12,0±0,5	14,0±0,5	19,5—21,5	15,5—16,5
Индекс вязкости, не менее	90	125	65	85	85	85	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	2,0	3,5	4,8	—	—	2,7	4,0
Зольность, %:							
без присадок, не более	0,005	—	—	0,005	0,005	—	—
с присадками	0,4—0,75	⩽1,15	⩾1,15	⩾1,0	⩾1,0	⩽0,9***	0,6—1,0
Коксуемость (без присадок), %, не более	0,30	—	0,15	0,30	0,40	—	—
Кислотное число (без присадок), мг КОН/г, не более	0,01	—	0,07	0,05	0,05	—	—
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	—	0,5	—	—	3,5	1,0
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	60	—	45	—	—	90	—
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	5,0	5,0	30	8	8	10	5
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	165	210	200	200	220	210
застывания, не выше	—30	—43	—20	—15	—15	—15	—25
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	—	380	—	—	250	600
Содержание механических примесей, %, не более:							
без присадок	Отсутствие	—	—	Отсутствие		—	—
с присадками	0,015	0,025	0,025	0,015	0,015	0,015	0,015
Содержание воды, не более	Следы						
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	8,0	4,0	—	7,0	7,0	4,5	7,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	900	900	903	905	910	902	905

* Нормированы также: для масла МТ-8п индекс задира >35; для масла МТЗ-10п содержание кальция >0,2%; для масла Дп-11у содержание бария >0,6%.
** С присадками ПМС и МНИИП-22к.
*** Зольность сульфатная.

садок ЦИАТИМ-339, ПМСя, ДФ-1 и ПМС-200А. Применяют для смазывания судовых дизелей типа 12ЧН18/20 и ЧН16/17 при их эксплуатации на топливе с малым содержанием серы.

Масла группы $В_2$ (табл. 2.10 и 2.11)

Масла группы $В_2$ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей; содержат композиции присадок. Применяют их в автотракторных дизелях без наддува, а также в судовых, тепловозных, стационарных и транспортных дизелях среднего уровня форсирования, эксплуатируемых на дистиллятных дизельных топливах с небольшим содержанием серы.

Масло М-10$В_2$С (ГОСТ 12337—84) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых или малосернистых нефтей, и композиции присадок. Применяют в главных и вспомогательных тронковых дизелях морских и речных судов, дизель-генераторах, автотракторных дизелях типа СМД-14, А-41, Д-50 и др., а также в циркуляционных системах крейцкопфных судовых дизелей типа ДКРН 50/110, ДКРН 74/160, ДКРН 62/140, ДКРН 84/180.

Масло М-14$В_2$ (ГОСТ 12337—84) получают смешением дистиллятного и остаточного компонентов, выработанных из сернистых нефтей, с композицией присадок. Используют для смазывания двух- и четырехтактных тепловозных и судовых дизелей тронкового типа при их эксплуатации на топливе, содержащем до 0,5% серы, а также в дизелях типа ЧН21/21, установленных на автомобилях БелАЗ.

Масло М-20$В_2$Ф (ГОСТ 12337—84) состоит из остаточного базового масла, получаемого из сернистых нефтей, и специальной композиции присадок. Масло предназначено для смазывания судовых дизелей типов 12ЧН18/20 и ЧН16/17, имеющих повышенную степень форсирования или эксплуатируемых со значительно увеличенными сроками смены масла; не содержит дитиофосфатов цинка.

Масла М-14$В_2$з и М-20$В_2$ (ГОСТ 23497—79) вырабатывают с использованием соответственно средневязкого компаундированного и остаточного базового масел из сернистых нефтей; содержат композиции присадок, выбранные с учетом условий применения масел. Предназначены для смазывания дизелей буровых установок при эксплуатации их зимой и летом. Масло М-14$В_2$з загущено вязкостной присадкой, но не является всесезонным.

Масло М-16$В_2$ (ТУ 38 101235—74) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из малосернистых нефтей, и композиции присадок. Применяют для смазывания главных двигателей речных судов.

Масло М-16ИХП-3 (ГОСТ 25770—83) производят из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из

Таблица 2.10. Характеристики масел группы $В_2$ для стационарных судовых и транспортных дизелей

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-10$В_2$С	М-14$В_2$	М-20$В_2$Ф	М-14$В_2$з	М-20$В_2$	М-16$В_2$	М-16ИХП-3
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	11,0—12,0	13,5—14,5	19,0—22,0	13,0—15,0	18,0—22,0	16±1	15,5—16,5
Индекс вязкости, не менее	83	85	90	100	90	80	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	3,5	4,8	2,8	6,0	3,5	3,5	4,0
Зольность сульфатная, %	⩽1,0	⩽1,2	⩽0,65	⩽1,3	⩽1,3	⩾0,6	⩽1,25
Моющие свойства по ПЗВ, баллы	[*]	—	—	—	—	—	⩽0,5
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	—	—	—	55	80	60	100
Моющий потенциал, %	[*]	[*]	[*]	⩾35	—	—	⩾80
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч	[*]	⩾50	[*]	—	—	—	⩾45
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	Отсутствие		10	Отсутствие		5	9
Содержание активных элементов, %, не менее:							
кальция	0,19	0,15	0,08	0,16	0,08	—	—
цинка	0,05	0,045	—	0,09	0,05	—	—
бария	—	0,13	0,07	—	0,25	—	0,60
фосфора	0,05	0,040	0,03	—	—	—	—
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	210	230	220	235	200	225
застывания, не выше	—15	—12	—15	—30	—15	—15	—25
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	600	[*]	—	200	—	320
Содержание, %, не более:							
механических примесей	0,01	0,02	0,01	0,015	0,015	0,025	0,013
воды	Следы						
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	[*]	[*]	[*]	7,5	7,5	6,0	6,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905	[*]	[*]	905	910	—	905

Примечание. Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °С для масел:
М-14$В_2$ — $И_з$=37; $P_к$ и $D_и$ — не нормируются. Определение обязательно.
М-20$В_2$Ф — $И_з$, $P_к$ и $D_и$ — не нормируются. Определение обязательно.
М-16ИХП-3 — $И_з$>34.

Таблица 2.11. Характеристики масел группы $В_2$ для автотракторных дизелей и масла для газомотокомпрессоров

Показатель	М-8В₂	М-10В₂	М-12Ву	МГД-14М
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	8±0,5	11±0,5	11±1,0	13,5—15,5
Индекс вязкости, не менее	85	85	65	90
Щелочное число, мг КОН/г	⩾3,5	⩾3,5	⩾5,3	⩽2,0
Зольность сульфатная, %	⩽1,3	⩽1,3	1,0—1,3	⩽0,2
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	0,5	0,5
Моющий потенциал при 250 °С, %	—	—	60	—
Термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	50	80	45	—
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	30	30	—	35
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	10	10	25	10
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	0,08	0,08	—	—
цинка	0,05	0,05	—	—
бария	0,18	0,18	0,70	—
фосфора	0,05	0,05	—	—
Температура, °С:				
вспышки, в открытом тигле, не ниже	200	205	205	215
застывания, не выше	—25	—15	—15	—15
Степень чистоты, мг/100 г, не более	500	500	400	400
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,015	0,015	0,020	0,015
воды	Следы			
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	4,5	4,5	7,0	4,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905	905	905	—

сернистых нефтей; содержит композицию присадок. Применяют для смазывания форсированных транспортных дизелей с наддувом.

Масла М-8В₂ и М-10В₂ (ГОСТ 8581—78) готовят смешением дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, с композициями присадок. Предназначены для смазывания автотракторных дизелей без наддува типа СМД-14, А-41, Д-50, Д-37М, Д-65 и др. соответственно при эксплуатации их зимой и летом.

Масло М-12В₂у (ТУ 38 001248—76) состоит из базового масла, получаемого смешением дистиллятного и остаточного компонентов из бакинских нефтей, и композиции присадок. Используют в автотракторных дизелях без наддува при эксплуатации летом, а также в высокооборотных судовых дизелях, дизель-генераторах.

Масло МГД-14М (ТУ 38 101930—83) вырабатывают из сернистых нефтей, содержит специальную композицию присадок. Предназначено для смазывания двигателя и компрессорной части газомотокомпрессоров типов 8ГК, 8ГКМ, 10ГКМ, 10ГКН и аналогичных им при работе на природном газе. Применяют в циркуляционной смазочной и лубрикаторной системах.

Масла группы Г₂ (табл. 2.12 и 2.13)

Масла группы Г₂ вырабатывают из сернистых и малосернистых нефтей, содержат композиции присадок. Применяют их в автотракторных дизелях без наддува и с наддувом, а также в судовых и тепловозных дизелях, имеющих повышенный уровень форсирования. Требуемое для масел этой группы повышение температурных пределов работоспособности, моюще-диспергирующих, антиокислительных, нейтрализующих и противоизносных свойств достигается использованием в их составах более эффективных присадок и бóльшим содержанием присадок. Дизели, смазываемые маслами группы Г₂, эксплуатируют на дистиллятных топливах с содержанием серы до 0,5%, а в благоприятных случаях, например, судовые среднеоборотные дизели с большим диаметром цилиндра и крейцкопфные дизели, — до 1,5%.

Масла М-10Г₂ЦС, М-14Г₂ЦС и М-16Г₂ЦС (ГОСТ 12337—84) состоят из смесей дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей и композиции эффективных присадок. Предназначены для смазывания главных и вспомогательных тронковых дизелей судов морского транспортного, промыслового и речного флота. Масло М-10Г₂ЦС используют также в циркуляционных системах крейцкопфных дизелей высокой степени форсирования, а масло М-16Г₂ЦС — для лубрикаторной смазки цилиндров тронковых и крейцкопфных дизелей при их эксплуатации на топливе с содержанием серы до 1,0%. Масло М-14Г₂ЦС применяют в стационарных дизель-генераторах с двигателями типа ЧН40/48, дизель-редукторных агрегатах с двигателями типа ЧН40/46.

Масла М-10Г₂ЦС, М-14Г₂ЦС и М-16Г₂ЦС применимы в судовых механизмах, смазываемых маслами соответствующих вязкостей (редукторы, компрессоры, воздуходувки и др.); обладают хорошей влагостойкостью и малой эмульгируемостью с водой.

Масло М-14Г₂ (ГОСТ 12337—84) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции эффективных присадок. Предназначено для смазывания тепловозных дизелей типа ЧН26/26 при работе на топливе с содержанием серы до 0,5%.

Таблица 2.12. Характеристики масел группы $Г_2$ для судовых и тепловозных дизелей

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-10Г$_2$ЦС	М-14Г$_2$ЦС	М-16Г$_2$ЦС	М-14Г$_2$	М-14ГБ*	М-20Г$_2$
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	10,0—11,0	13,5—15,0	15,5—17,0	13,5—14,5	13,5—14,5	≥20,0
Индекс вязкости не менее	92	92	92	90	90	85
Щелочное число, мг КОН/г	≥9,0	≥9,0	≥9,0	≥7,0	5,9—6,6	≥9,0
Зольность сульфатная, %	≤1,5	≤1,5	≤1,5	≤1,3	1,60—1,75	≤1,9
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	50	50	50	50	50	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м²	Отсутствие					
Моющий потенциал при 250 °С, %	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]
Вымываемость присадок водой: снижение, %, не более:						
щелочного числа	10	10	10	—	—	—
зольности	10	10	10	—	—	—
Эмульгируемость с водой, см³, не более	0,3	0,5	0,5	—	—	—
Смазывающие свойства:						
$И_з$, не менее	34	34	[*]	[*]	37	[*]
$P_к$	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]
$D_и$ при нагрузке 196 Н, мм	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]	[*]
Содержание активных элементов, %, не менее:						
кальция	0,280	0,280	0,280	0,230	—	0,360
цинка	0,045	0,045	0,045	0,045	0,050	0,050
фосфора	0,040	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050
Температура, °С:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	210	215	220	220	220	235
застывания, не выше	—10	—10	—10	—12	—10	—15
Степень чистоты, мг/100 г, не более	600	600	600	600	100	400
Содержание, %, не более:						
механических примесей	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
воды	Следы					
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	4,0	4,0	4,0	4,0	[*]	[*]
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	910	910	910	[*]	910	905

* Для масла М-14ГБ нормировано: содержание бария ≥0,850% и натрия ≤0,0025%, температура плавления золы не ниже 810 °С.

Таблица 2.13. Характеристики масел группы $Г_2$ для автотракторных дизелей

Показатель	М-8Г$_2$	М-10Г$_2$	М-8Г$_2$к*	М-10Г$_2$к*
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	8,0±0,5	11,0±0,5	8,0±0,5	11,0±0,5
Индекс вязкости, не менее	85	85	90/95	85/95
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6,0	6,0	6,0	6,0
Зольность сульфатная, %, не более	1,65	1,65	1,15	1,15
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	0,5	0,5
Термоокислительная стабильность при 250 °С, не менее	60	90	60/65	60/65
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	35	40	35	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	20	20	Отсутствие	
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	0,15	0,15	0,19	0,19
цинка	0,06	0,06	0,05	0,05
бария	0,45	0,45	—	—
фосфора	0,06	0,06	0,05	0,05
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	200	205	200/210	205/220
застывания, не выше	—25	—15	—30	—15/—18
Степень чистоты, мг/100 г, не более	500	500	500/450	500/450
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,015	0,015	0,015	0,015
воды	Следы			
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0	4,0/3,0	4,0/3,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905	905	905	905/900

* В числителе — показатели для масла первой категории качества, в знаменателе — высшей.

Масло М-14ГБ (ГОСТ 12337—84) готовят смешением дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, с композицией бариевых присадок. Используют в судовых дизелях типа ЧН30/38.

Масло М-20Г$_2$ (ГОСТ 12337—84) готовят смешением остаточного базового масла с композицией присадок. Предназначено для смазывания судовых дизелей типа ДН23/2×30.

Масла М-8Г$_2$ и М-10Г$_2$ (ГОСТ 8581—78) готовят смешением дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сер-

нистых нефтей, с композицией присадок. Предназначены для смазывания автотракторных дизелей типа Д-240, СМД-60, СМД-62, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-238НБ и др. соответственно при их эксплуатации зимой и летом. Масло М-10Г$_2$ используют также в дизелях типа 4Ч8,5/11, 6Ч12/14, 6ЧН12/14 и др.

Масла М-8Г$_2$к и М-10Г$_2$к (ГОСТ 8581—78) готовят аналогично маслам М-8Г$_2$ и М-10Г$_2$, но с другими, более эффективными присадками. Масла М-8Г$_2$к и М-10Г$_2$к используют соответственно для эксплуатации зимой и летом двигателей автомобилей КамАЗ, «Магирус-Дойц», автобусов «Икарус», а также во всех автотракторных дизелях, для которых применимы масла М-8Г$_2$ и М-10Г$_2$.

Масла группы Д (табл. 2.14 и 2.15)

Масла группы Д вырабатывают из сернистых нефтей. В составе масел используют эффективные присадки в высоких концентрациях для достижения уровня эксплуатационных свойств, обеспечивающего длительную работоспособность наиболее форсированных двигателей в особо тяжелых эксплуатационных условиях, в частности при применении топлив с повышенным содержанием серы.

Масла М-10ДЦЛ20, М-14ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ30 (ГОСТ 12337—84) состоят из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции

Таблица 2.14. Характеристики масел группы Д для автотракторных дизелей

Показатель	М-8ДМ	М-10ДМ
Вязкость кинематическая при 100 °C, мм²/с	8,0—8,5	≥11,0
Индекс вязкости, не менее	102	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	8,5	8,2
Зольность сульфатная, %, не более	1,5	1,5
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	0,5	—
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	35	60
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м²	Отсутствие	
Содержание активных элементов, %, не менее:		
кальция	—	0,15
цинка	—	0,04
Температура, °C:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	195	210
застывания, не выше	—30	—15
Содержание, %, не более:		
механических примесей	0,02	0,025
воды	Следы	
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	3,5	3,5
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	890	905

Таблица 2.15. Характеристики масел группы Д для судовых дизелей

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-16ДР	М-10ДЦЛ20	М-14ДЦЛ20	М-14ДЦЛ30
Вязкость кинематическая при 100 °C, мм²/с	15,5—16,5	10,0—11,0	13,5—15,0	13,5—15,0
Индекс вязкости, не менее	90	92	92	92
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	10,0	18,0	18,0	27,0
Зольность сульфатная, %, не более	1,85	3,0	3,0	4,6
Термоокислительная стабильность при 250 °C, мин	[*]	—	—	—
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	50	50	50	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м²	Отсутствие			
Моющий потенциал при 250 °C, %	[*]	[*]	[*]	[*]
Вымываемость присадок водой, снижение, %, не более:				
щелочного числа	[*]	15	15	15
зольности	[*]	18	18	18
Эмульгируемость с водой, см³	[*]	1,0	1,0	1,0
Смазывающие свойства:				
$И_з$	[*]	[*]	≥34	[*]
$P_к$	[*]	[*]	[*]	[*]
$D_и$ при нагрузке 196 Н, мм	[*]	[*]	[*]	[*]
Содержание активных элементов, %, не менее:				
кальция	0,40	0,650	0,650	1,0
цинка	0,09	0,045	0,045	0,045
фосфора	0,08	0,040	0,040	0,040
Температура, °C:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	225	215	220	210
застывания, не выше	—10	—10	—10	—10
Степень чистоты, мг/100 г	≤300	[*]	[*]	[*]
Содержание, %, не более:				
механических примесей	0,02	0,03	0,03	0,05
воды	Следы			
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	[*]	4,5	5,0	[*]
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	[*]	910	910	[*]

*Таблица 2.16. Характеристики масел группы Е**

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	М-16Е30	М-16Е60	М-20Е60
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	15,0—17,0	15,0—17,0	18,0—22,0
Индекс вязкости, не менее	90	90	85
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	30	60	60
Зольность сульфатная, %, не более	5	10	10
Коксуемость на плите, баллы, не более	2,5	2,5	2,5
Стабильность по индукционному периоду осадкообразования (ИПО), ч, не менее	50	50	50
Коррозионность на пластинках из свинца, г/м², не более	Отсутствие		
Смазывающие свойства:			
$И_з$, не менее	40	40	[*]
$P_к$	[*]	[*]	[*]
$D_и$ при нагрузке 196 Н, мм	[*]	[*]	[*]
Содержание кальция, %, не менее	1,7	3,4	3,4
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	205	205	205
застывания, не выше	—12	—12	—12
Содержание, %, не более:			
примесей	0,03	0,03	0,03
воды	0,06	0,06	0,06

* С 1989 г. начато производство масла М-20Е70, заменяющего масла М-16Е60 и М-20Е60.

присадок. Используют для смазывания тронковых судовых дизелей с циркуляционной или комбинированной смазочной системой. Масла М-10ДЦЛ20 и М-14ДЦЛ20 используют при работе на тяжелых топливах с содержанием серы до 2,5—3,0%, масло М-14ДЦЛ30 — при большем содержании серы. Масла обладают хорошей влагостойкостью и малой эмульгируемостью с водой.

Масло М-16ДР (ТУ 38 401642—87) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, и композиции присадок, придающих маслу работоспособность в течение длительного времени. Предназначено для смазывания судовых дизелей типа ЧН26/26, ДН23/30 и ЧН30/38 при их эксплуатации на дистиллятном дизельном топливе с содержанием серы до 0,5%. Заменяет в указанных дизелях масла М-14В₂ и М-14ГБ.

Масло М-8ДМ (ТУ 101962—85) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, вырабатываемых из сернистых нефтей, и композиции присадок. Предназначено для эксплуатации зимой автотракторных дизелей с наддувом, имеющих высокую степень форсирования и работающих в тяжелых условиях.

Масло М-10ДМ (ТУ 38 101783—80) состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов, получаемых из сернистых нефтей, и композиции присадок. Предназначено для эксплуатации летом автотракторных дизелей с наддувом, имеющих высокую степень форсирования (большегрузные карьерные самосвалы, промышленные тракторы большой мощности). Может использоваться в двигателях импортных бульдозеров, автопогрузчиков, трубоукладчиков.

Масла группы Е (табл. 2.16)

Масла группы Е получают с использованием базовых масел из сернистых нефтей. Свойства масел группы Е специфичны. Они отличаются высокой нейтрализующей способностью, прочностью масляной пленки при высоких температурах, хорошей растекаемостью на горячих металлических поверхностях, высокими противоизносными свойствами.

Масла М-16Е30, М-16Е60 и М-20Е60 (ГОСТ 12337—84) состоят из базового масла М-16 компаундированного или М-20 остаточного и композиций присадок. Масла М-16Е60 и М-20Е60 различаются только вязкостью базовых масел. Масла М-16Е30 и М-16Е60 предназначены для лубрикаторного смазывания цилиндров главных судовых дизелей крейцкопфного типа малой степени форсирования при их эксплуатации на дистиллятных и тяжелых топливах с содержанием серы до 2,0 и до 3,5% соответственно; масло М-20Е60 — для тех же дизелей повышенной и высокой степени форсирования при их эксплуатации преимущественно на тяжелых топливах с содержанием серы до 3,5%.

МАСЛА ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В зависимости от вида техники авиационные масла условно делят по применению на масла для поршневых, турбовинтовых и турбореактивных двигателей и для вертолетов. В авиации имеется два типа газотурбинных двигателей — турбореактивные и турбовинтовые. В турбореактивных двигателях используют маловязкие масла, в турбовинтовых — более вязкие, что обусловлено применением в этих двигателях редуктора воздушного винта, для которого требуются масла с лучшими смазывающими свойствами.

Масла для поршневых двигателей

В поршневых двигателях масла работают в тяжелых условиях, создаваемых высокими температурами в зоне поршневых колец, внутренней части поршней, клапанов и других деталей. Для обеспечения смазки двигателя в условиях высоких температур, давлений и нагрузок применяют высоковязкие масла, подвергнутые специальной очистке. Такие масла должны иметь высокую смазочную способность, не быть агрессивными к ме-

Таблица 2.17. Характеристики масел для поршневых двигателей

Показатель	МС-14 первой категории качества	МС-20 высшей категории качества
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с, не менее	14,0	20,5
Индекс вязкости, не менее	85	85
Коксуемость, %, не более	0,45	0,27
Содержание селективных растворителей, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды	Отсутствие	
Температура, °С, не ниже:		
вспышки в открытом тигле	215	270
застывания	—30	—18
Термоокислительная стабильность по методу Папок при 250 °С, мин, не менее	20	18

таллам, сплавам и другим конструкционным материалам и обладать достаточной стабильностью к окислению при высоких температурах и в условиях хранения. Характеристики масел приведены в табл. 2.17.

Масло МС-14 (ГОСТ 21743—76) — масло селективной очистки вязкостью 14 мм²/с при 100 °С. Применяют в шарнирах винтов вертолетов и в качестве базового для некоторых моторных масел и смазок.

Масло МС-20 (ГОСТ 21743—76) — масло селективной очистки вязкостью 20 мм²/с при 100 °С. Применяют в шарнирах винтов вертолетов, в составе маслосмесей (с маслами МС-8, МС-8п) — СМ-4,5, СМ-9, СМ-11,5 для использования в маслосистемах турбовинтовой авиации, а также в качестве базового для ряда моторных масел и смазок.

Масла для турбореактивных двигателей

Требования, которые предъявляют к смазочным маслам для турбореактивных двигателей, следующие:

надежное смазывание всех узлов трения и агрегатов двигателя с минимальными износами в пределах рабочих температур от —50 до 150 °С и выше;

пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах (пусковые свойства масла должны обеспечивать надежный запуск двигателя без подогрева до температур —50 °С);

однородный и стабильный фракционный состав, что обусловливает минимальную испаряемость летучих фракций и сохраняет вязкостные характеристики масла в течение всего времени работы двигателя (целесообразно применять смазочные масла узкого фракционного состава);

высокие антиокислительные свойства и минимальное окисление в двигателе при рабочих температурах 150 °С и выше;

минимальная вспениваемость, высокая температура самовоспламенения (не ниже 220—240 °С);

неагрессивность по отношению к металлам, сплавам, резинам и покрытиям.

Минеральные масла (табл. 2.18)

Масло МС-8п (ОСТ 38 101163—78) — наиболее массовое масло на нефтяной основе с комплексом присадок. Предназначено для широкого применения в газотурбинных двигателях дозвуковых и сверхзвуковых самолетов с температурой масла на выходе из двигателя до 150 °С. Используют в составе масло-

Таблица 2.18. Характеристики минеральных масел для турбореактивных двигателей

Показатель	МС-8п	МС-8рк	МК-8п	МК-8
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 50 °С, не менее	8,0	8,0	8,3	8,3
при —40 °С, не более	4000	5000	6500	6500
Температура, °С:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	150	150	135	140
застывания, не выше	—55	—55	—55	—55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,15	0,04	0,04
Содержание водорастворимых кислот, щелочей, воды, механических примесей	Отсутствие			
Термоокислительная стабильность t, °С (время, ч):	150 (50)	150 (50)	175 (10)	120 (10)
показатели после окисления:				
ν_{50}, мм²/с, не более	10,0	11,0	—	—
ν_{-40}, мм²/с, не более	5500	6750	—	—
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,4	0,7	0,6	0,25
содержание осадка, %, не более	0,10	0,15	0,10	0,1
коррозия на пластинках, г/м², не более:				
сталь ШХ-15	Отсутствие		—	—
медь М-1 или М-2 и алюминиевый сплав АК-4	Отсутствие		—	—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	875	900	885	885

Примечание. Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °С масел:
МС-8п $P_к$>500; $D_и$<0,5.
МС-8рк $P_к$>500; $D_и$<0,5.

смесей с маслом авиационным МС-20 (в соотношении 25:75, 50:50 и 75:25) в турбовинтовых двигателях, а также для консервации маслосистем авиационных двигателей. Разработано взамен масел МК-8 и МК-8п и значительно превосходит их по ряду эксплуатационных показателей, в частности по низкотемпературной вязкости, термоокислительной стабильности, ресурсу работы.

Масло МС-8рк (ОСТ 38.01387—85) — рабоче-консервационное масло на базе масла МС-8п с добавлением ингибитора коррозии. Используют для тех же целей, что и масло МС-8п. Не уступает ему по эксплуатационным показателям и значительно превосходит по консервационным характеристикам. При консервации маслосистем авиационных двигателей период консервации составляет: для масла МК-8 — 3 мес, для масла МС-8п — 1 год, для масла МС-8рк — 4...8 лет (изучается возможность более длительного хранения техники на этом масле).

МК-8п, МК-8 (ГОСТ 6457—66) — масла на нефтяной основе, область применения аналогична маслам МС-8п и МС-8рк. В связи с истощением месторождений нефтей, из которых вырабатывались указанные масла, а также их недостаточными эксплуатационными свойствами производство указанных масел резко сокращается.

Синтетические масла (табл. 2.19)

Масло ИПМ-10 (ОСТ 38 01294—83) — синтетическое углеводородное с комплексом антиокислительных и противоизносных присадок. Характеризуется высокой термоокислительной стабильностью, пологой кривой зависимости вязкости от температуры, хорошими низкотемпературными свойствами, низкой летучестью. Применяют на большом числе газотурбинных двигателей с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С, а также в авиационных турбохолодильниках в качестве унифицированного масла и в других агрегатах. Можно использовать для недлительной консервации. Предполагается расширение объема производства и областей применения.

Масло ВНИИНП-50-1-4ф (ГОСТ 13076—67) — синтетическое диэфирное с присадками, повышающими его противоизносные свойства и термоокислительную стабильность. Применяют в двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 175 °С в качестве резервного при применении основного масла ИПМ-10. Предполагается замена его маслом ВНИИНП-50-1-4у (ТУ 38 401286—80), обладающим значительно более высокой термоокислительной стабильностью.

Масло Б-3В (ТУ 38 101295—85) — синтетическое на основе сложных эфиров пентаэритрита и жирных кислот с комплексом присадок. Широко применяют в газотурбинных двигателях, редукторах вертолетов и другой технике с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С. Обладает высокими смазывающими свойствами, но имеет существенный недостаток: выпадение в осадок противозадирной присадки при низкой температуре эксплуатации в результате окисления с последующим растворением осадка в масле при температурах 70—90 °С. Планируется сокращение производства и полная замена маслом ЛЗ-240, обладающим более высокими эксплуатационными характеристиками.

Масло 36/1-КУА (ТУ 38 101384—78) — синтетическое на основе сложных эфиров с комплексом присадок; обладает высокими противозадирными свойствами. Используют в газотурбинных двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 200 °С. Область применения ограничена: в основном, как резервное при применении масла ИПМ-10, не рекомендуется для применения в новой и перспективной технике.

Масло ЛЗ-240 (ТУ 38 101000—00) — синтетическое на основе сложных эфиров пентаэритрита и жирных кислот с комплексом присадок. Масло разработано и в 1985 г. допущено к эксплуатации в установленном порядке взамен масла Б-3В для тех же областей применения. Организовано промышленное производство в 1987 г.

Масло ВТ-301 (ТУ 38 101657—85) — синтетическое на основе кремнийорганической жидкости с присадкой. Характеризуется максимальной среди масел термоокислительной стабильностью, низкой летучестью, хорошими низкотемпературными свойствами. Можно использовать в газотурбинных двигателях с температурой масла на выходе из двигателя до 250—280 °С. В связи с высокой стоимостью применяют ограниченно.

Масла для турбовинтовых двигателей

Требования, предъявляемые к маслам для турбовинтовых двигателей, следующие:

пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах;

высокие противоизносные и противозадирные свойства;

устойчивость к окислению в условиях высоких температур и контакта с воздухом и различными авиационными материалами;

неагрессивность по отношению к металлам, сплавам, резинам и покрытиям;

минимальная вспениваемость и испаряемость.

В турбовинтовых двигателях применяют масла на нефтяной основе, и до настоящего времени основным смазочным материалом являются маслосмеси, получаемые смешением на местах

Таблица 2.19. Характеристики синтетических масел для турбореактивных двигателей

Показатель	ИПМ-10	ВНИИНП—50-1-Чф	Б-3В	36/1-КУА	ЛЗ-240	ВТ-301
Внешний вид жидкости	Светлая прозрачная		Прозрачная от светло-желтого до коричневого цвета		Прозрачная от светло-коричневого до красно-коричневого цвета	Однородная легкоподвижная прозрачная от темно-желтого до темно-коричневого цвета
Вязкость кинематическая, мм²/с:						
100 °C, не менее	3,0	3,2	5,0	4,8	4,8	8,5
—30 °C, не более	—	—	3500	—	—	—
—40 °C, не более	2000	2000	12 500	12 500	12 500	800
—54 °C, не более	—	11 000	—	—	—	2500
Темпервтура, °C:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	204	235	195	235	260
застывания, не выше	—50	—60	—60	—60	—58	—60
Кислотное число, мг КОН/г	⩽0,05	⩽0,20	4,4—5,5	3,2—4,2	⩽0,5	⩽0,2
Содержание: водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей	Отсутствие					
воды	Отсутствие		Следы	Отсутствие	Следы	Отсутствие
Содержание железа, %	—	—	—	—	—	0,017—0,025
Термоокислительная стабильность t, °C (времи, ч):	200 (50)	175 (72)	200 (10)	200 (10)	200 (50)	250 (50)
показатели после окисления:						
ν_{100}, мм²/с, не более	4,5	—	6,0	—	6,0	10
ν_{-40}, мм²/с, не более	5000	—	20 000	—	20 000	—
изменение вязкости при 100 °C, не более	—	7	—	—	—	—
кислотное число, мг КОН/г	⩽8,0	⩽2	0,7—2,0	⩽7,0	⩽1,5	⩽0,3
осадок, нерастворимый в изооктане, %, не более	0,35	—	0,11	0,30	0,10	0,12
коррозии на пластинках, г/м²:						
сталь 30ХГСА	Отсутствие	±0,2	Отсутствие			
медь М-1 и М-2	0,2	±0,4	—	—	Отсутствие	±2
алюминиевый сплав АК-4	Отсутствие	±2	Отсутствие			
магниевый сплав МП5	—	±0,2	—	—	—	—
серебро	—	±0,2	—	—	—	—
Коксуемость, %, не более	—	—	0,45	—	0,45	—
Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5) °C: $P_к$, Н, не менее	710	840	890	790	890	—
Плотность при 20 °C, кг/м³	⩾820	⩽926	990—997	980—997	980—1020	1090—1110

потребления авиационных масел МС-20 и МС-8п в соотношениях:

Авиамасло 7525 — 75% МС-8п и 25% МС-20
Авиамасло 2575 — 25% МС-8п и 75% МС-20
Авиамасло 5050 — 50% МС-8п и 50% МС-20

Допускается применение масла МС-8рк. За счет применения в маслосмесях высококачественного масла с комплексом высокоэффективных присадок МС-8п качество маслосмесей значительно повысилось. Маслосмеси готовят и их качество контролируют по ведомственной инструкции МГА («Инструкция по применению и контролю качества авиационных горюче-смазочных материалов и специальных жидкостей в гражданской авиации». М.: Воздушный транспорт, 1983 г.); нормально-техническая документация на маслосмеси отсутствует.

Масло МН-7,5у (ТУ 38 101722—85) — унифицированный сорт масла на нефтяной основе с комплексом присадок, разработано взамен маслосмесей, масел МН-7,5 и ВНИИНП-7. Можно применять в турбовинтовых двигателях всех типов при температуре масла на выходе из двигателя до 150 °С.

Таблица 2.20. Характеристика масла МН-7,5у

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Плотность при 20 °С, кг/м³	≤900	Термоокислительная стабильность (175 °С, 50 ч, расход воздуха 10 дм³/ч), показатели после окисления:	
Вязкость кинематическая, мм²/с:		ν_{100}, мм²/с	≤10,0
при 100 °С	≥7,5	ν_{-35}, мм²/с	≤11 500
при —35 °С	≤7500	осадок, нерастворимый в изооктане, %	≤0,15
Стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке в течение 15 мин, %	≤11,0	кислотное число, мг КОН/г	≤0,75
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,1	коррозия на пластинках, г/м²:	
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды	Отсутствие	из стали ШХ-15	Отсутствие
Температура, °С:		из алюминия АК-4	≤±0,2
вспышки в закрытом тигле	≥150	из меди М-1 или М-2	±0,5
застывания	≤—53	Степень чистоты:	
Коксуемость, %	≤0,1	число фильтрований	≤1
Испаряемость (150 °С, 3 ч, расход воздуха 1,5 дм³/мин), %	≤7,0	содержание осадка, мг/100 г	≤60
Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5)°С		Цвет (без разбавления), ед. ЦНТ	≤1,5
$P_к$, Н	≥840		
$D_и$ при осевой нагрузке 200 Н, мм	≤0,5		

Таблица 2.21. Характеристика масла ВНИИНП-25

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость кинематическая, мм²/с:		Содержание водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей, воды	Отсутствие
при 100 °С	≥10	Температура, °С:	
при —30 °С	≤13 500	вспышки в открытом тигле	≥135
Зольность, %	≤0,005	застывания	≤—54
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,08	Индекс вязкости	≥120
Стабильность вязкости после озвучивания на ультразвуковой установке в течение 15 мин, %	≤4,5	Цвет, ед. ЦНТ	≤1,5
Смазывающие свойства на ЧШМ при (20±5)°С:		Плотность при 20 °С, кг/м³	≤870
$P_к$	≥500	Коррозия на пластинках:	
$D_и$ при осевой нагрузке 196 Н, мм	≤0,7	из стали 18ХНВД	Отсутствие
		из стали 45	Отсутствие
		из латуни ЛС 59-1	Отсутствие

Производство масел ВНИИНП-7 и МН-7,5 прекращено, и по мере роста производства масла МН-7,5у применение маслосмесей будет сокращаться.

Характеристика масла МН-7,5у приведена в табл. 2.20.

Масла для вертолетов

В вертолетах маслами смазывают двигатели, редукторы и шарниры винтов. В зависимости от типа двигателя применяют нефтяное (минеральное) масло МС-20 или синтетические масла Б-3В, ЛЗ-240. В редукторах вертолетов, кроме перечисленных, применяют гипоидное масло по ОСТ 38 01260—82 или его смесь с жидкостью АМГ-10 (технических условий на смесь нет). В шарнирах несущих и рулевых винтов применяют масла МС-20, МС-14, гипоидное масло и его смесь с жидкостью АМГ-10, а также масло ВНИИНП-25.

Масло ВНИИНП-25 шарнирное (ГОСТ 11122—84) представляет собой нефтяное низкозастывающее масло (зимний сорт), загущенное высоковязким компонентом и содержащее антиокислительную присадку. Характеристика масла приведена в табл. 2.21.

Перспективные авиационные масла

Развитие авиационной техники, форсирование режимов работы двигателей привело к ужесточению условий эксплуатации смазочных материалов. В ряде случаев масла на нефтяной основе и традиционные методы улучшения этих масел не позволяют

*Таблица 2.22. Плотность масел (кг/м³) при различных температурах (ГОСТ 3900—85)**

t, °С	МС-8П	МС-8рк	МН-7,5у	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВТ-301**
—40	905,4	909,0	913,2	1047,2	1042,3	865,2	968,1	1165,5
—30	898,7	901,5	906,9	1039,6	1034,6	858,6	960,8	1155,4
—20	892,0	895,0	900,6	1032,0	1026,8	852,1	953,5	1145,4
—10	885,3	888,5	894,3	1024,5	1019,1	845,5	946,2	1135,4
0	878,6	881,5	888,0	1016,9	1011,3	839,0	938,9	1125,3
10	871,9	875,0	881,7	1009,3	1003,5	832,4	931,6	1115,3
20	865,2	868,5	875,4	1001,7	995,8	825,8	924,3	1105,3
30	858,5	862,0	869,1	994,2	988,0	819,2	917,0	1095,3
40	851,8	855,0	862,7	986,6	980,3	812,6	909,7	1085,2
50	845,1	849,0	856,4	979,0	972,5	806,0	902,5	1075,2
60	838,4	842,0	850,1	970,4	964,7	799,3	895,2	1065,2
70	831,7	836,0	843,8	963,8	957,0	792,7	887,9	1055,2
80	825,0	830,0	837,5	956,2	949,2	786,1	880,7	1045,2
90	818,3	823,5	831,2	948,6	941,5	779,5	873,4	1035,2
100	811,6	817,0	824,9	941,0	933,7	772,9	866,2	1025,2
110	804,9	810,0	818,6	933,4	925,9	766,3	858,9	1015,1
120	798,1	804,0	812,3	925,8	918,2	759,7	851,6	1005,1
130	791,4	797,5	806,0	918,2	910,4	753,1	844,4	995,1
140	784,7	791,5	799,6	910,6	902,7	746,4	837,1	985,1
150	778,0	785,0	793,3	903,0	894,9	739,8	829,8	975,1
160	—	—	787,0	895,4	887,1	733,2	822,6	965,1
170	—	—	780,4	887,8	879,4	726,6	815,3	955,0
180	—	—	774,4	880,2	871,6	720,0	808,0	945,0
190	—	—	—	872,5	—	713,4	—	935,0
200	—	—	—	864,9	—	706,8	—	925,0

* Данные получены в отраслевой теплофизической лаборатории Миннефтехимпрома СССР при Грозненском нефтяном институте.

** В интервале 210—220 °С плотность равна: ρ_{210}=915 кг/м³, ρ_{220}=905 кг/м³, ρ_{230}=895 кг/м³, ρ_{240}=884,9 кг/м³, ρ_{250}=844,9 кг/м³.

достичь необходимого уровня качества, особенно по таким показателям, как термоокислительная стабильность, низкотемпературные свойства, температура вспышки. Начиная с 60-х годов, было организовано производство синтетических авиационных масел Б-3В, 36/1, а позднее В-50-1-4ф и ИПМ-10, ВТ-301. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с нефтяными маслами: высокой термоокислительной стабильностью, отличными низкотемпературными свойствами. И хотя доля синтетических масел в общем объеме производства авиационных масел постоянно растет, до настоящего времени минеральные масла с присадками являются превалирующим видом смазочного материала в авиации и в большинстве случаев позволяют эффективно эксплуатировать современную технику.

Разработанное и широко используемое в эксплуатации масло на минеральной основе МС-8п не только заменило остродефицитные масла, получаемые из нефтей бакинских месторождений, —

МК-8 и МК-8п, но и позволило в несколько раз увеличить ресурс работы масла в авиационных двигателях. В 1985 г. допущены к эксплуатации и организовано производство высокоэффективных масел на минеральной основе МС-8рк и МН-7,5у. Масло МС-8рк при применении его для длительной консервации маслосистем двигателей значительно эффективнее масла МК-8, а применение унифицированного масла для всех турбовинтовых двигателей взамен ранее применявшихся маслосмесей позволяет осуществлять запуск двигателей при низких температурах без предварительного подогрева. Наряду с организацией в последние годы производства более эффективных масел устаревшие малоэффективные масла (МС-6, МС-8, МК-22, МС-20С, МН-7,5) сняты с производства или их производство сокращается (МС-14, маслосмеси, МК-8, МК-8п).

В авиационных, преимущественно турбореактивных двигателях широко применяют синтетические авиационные масла и планируется значительное увеличение производства масел ИПМ-10,

Таблица 2.23. Кинематическая вязкость масел (мм²/с) при различных температурах (ГОСТ 33—82)

t, °С	МС-8п	МС-8рк	МН-7,5у	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВТ-301*
—40	2810	4280	11 305	11 450	—	1405	1810	668
—35	1577	2130	6160	5750	—	886	1038	473
—30	894	1200	3550	3103	2970	571	581	348
—20	325	390	1251	1031	1200	255	242	200
—10	141	178	533	414	420	123	117	126
0	70,8	86,8	252	194	200	66,1	63,3	84,5
10	39,3	47,2	137	101	107	39,2	37,8	59,7
20	23,9	27,4	81,1	58,7	61,7	24,7	23,8	43,5
30	15,9	18,0	51,7	36,4	38,9	16,8	16,3	33,3
40	11,1	12,4	34,9	24,3	25,6	12,1	11,8	26,1
50	8,1	9,0	25,4	17,0	17,8	9,0	8,5	20,9
60	6,1	6,7	18,6	12,6	12,9	6,9	6,9	17,1
70	4,9	5,3	14,0	9,4	9,8	5,5	5,5	14,2
80	3,9	4,2	11,3	7,4	7,6	4,5	4,5	11,9
90	3,2	3,4	9,2	6,0	6,1	3,7	3,8	10,1
100	2,7	3,0	7,8	5,0	5,0	3,5	3,2	8,7
110	2,3	2,6	6,5	4,0	4,1	2,8	2,8	7,6
120	2,1	2,2	5,5	3,4	3,5	2,4	2,5	6,6
130	1,8	1,9	4,7	2,9	3,0	2,1	2,2	5,9
140	1,6	1,7	4,1	2,5	2,6	1,9	1,9	5,2
150	1,4	1,5	3,6	2,2	2,3	1,7	1,7	4,6
160	—	—	3,1	1,9	2,0	1,5	1,5	4,1
170	—	—	2,9	1,7	1,8	1,4	1,4	3,7
180	—	—	2,6	1,6	1,6	1,3	1,3	3.3
190	—	—	—	1,4	—	1,2	—	3,0
200	—	—	—	1,3	—	1,1	—	2,8

* В интервале 210—240 °С вязкость равна: ν_{210}=2,6 мм²/с, ν_{220}=2,3 мм²/с, ν_{230}=2,2 мм²/с, ν_{240}=2,0 мм²/с.

Таблица 2.24. Смазывающие свойства авиационных масел (ГОСТ 9490—75)

Марка масла	$P_к$, Н	$D^*_и$, мм	Марка масла	$P_к$, Н	$D^*_и$, мм
ИПМ-10	710	0,35	МС-8п	500	0,50
36/1КУ-А	790	0,50	МС-8рк	500	0,50
ВНИИНП-50-1-4ф	840	0,40	Б-3В	890	0,45
ВТ-301	900	1,10	ЛЗ-240	890	0,50
			МН-7,5у	840	0,50
			ВНИИНП-25	500	0,70

* При осевой нагрузке 196 Н при температуре (20±5) °С.

ЛЗ-240 (взамен Б-3В, производство которого будет сокращаться), ВНИИНП-50-1-4у (взамен ВНИИНП-50-1-4ф). Сняты с производства масла ВНИИНП-7, 36/1, планируется сокращение производства масла 36/1КУ-А.

Дополнительные технические характеристики масел

При подборе масла для конкретных изделий авиационной техники помимо приведенных основных характеристик, как правило, требуются данные по вспениваемости и совместимости с другими материалами (резинами, покрытиями), по коррозионному воздействию на различные металлы и сплавы, токсикологические, теплофизические, электрические характеристики, зарубежные аналоги и др. В табл. 2.22—2.25 приведены дополнительные данные по авиационным маслам различных типов.

Таблица 2.25. Совместимость масел для авиационных газотурбинных двигателей

с — масла совместимы, при замене масла промывка маслосистемы заменяемым маслом не требуется; эксплуатация на смеси масел должна производиться со сроком смены худшего компонента (до первой замены).
с* — масла смешиваются, но эксплуатационные свойства смеси хуже свойств каждого из смешиваемых масел; при замене требуется однократная промывка маслосистемы заменяемым маслом.
н — масла несовместимы, при замене масла требуется двукратная промывка маслосистемы заменяемым маслом.
Прочерк означает, что смеси не исследовались.

Марка масла	МС-8п	МС-8рк	ЛЗ-240	Б-3В	ИПМ-10	ВНИИНП-50-1-4ф	ВТ-301
МС-8п		с	—	—	с	с	—
МС-8рк	с		—	—	с	с	—
ЛЗ-240	—	—		с	с	—	—
Б-3В	—	—	с		с*	—	—
ИПМ-10	с	с	с	с*		с	и
ВНИИНП-50-1-4ф	с	с	—	—	с		—
ВТ-301	—	-	—	—	и	—	

Примечание. Минеральное масло МН-7,5у совместимо с маслосмесями.

Глава 3
ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА И РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Нефтяные и синтетические трансмиссионные масла предназначены для применения в узлах трения агрегатов трансмиссий автомобилей, тракторов, тепловозов, дорожно-строительных и других машин, а также в различных зубчатых редукторах и червячных передачах промышленного оборудования.

Общие требования и свойства

Совершенствование конструкций узлов и агрегатов трансмиссий современной мобильной техники неизменно ведет к возрастанию скоростей вращения шестерен и относительного скольжения трущихся поверхностей зубьев, увеличению удельных нагрузок в зоне контакта и повышению рабочих температур масла. Это, в свою очередь, ужесточает требования к качеству смазочных материалов для трансмиссий и редукторов.

В агрегатах трансмиссий смазочное масло является неотъемлемым элементом конструкции. Способность смазочного масла выполнять и длительно сохранять функции конструкционного материала определяется его эксплуатационными свойствами. Трансмиссионные масла эксплуатируются в широком диапазоне температур. Пусковые свойства и длительная работоспособность их должны обеспечиваться в интервале температур от минус 60 °С — температуры холодного пуска в районах Крайнего Севера — до 120—130 °С (а в некоторых случаях и до 150 °С) — рабочей температуры в объеме масла. При этом фактическая температура масла в зоне контакта зубьев шестерен может быть на 150—250 °С выше температуры масла в объеме.

Трансмиссионные масла в зависимости от условий работы узла трения (скоростей вращения и удельных нагрузок) характеризуются тремя основными областями смазочного действия:

область практически полного отсутствия износа, когда смазывание осуществляется толстым масляным слоем;

область износа в результате истирания, которое происходит при возрастании удельных нагрузок в условиях низких скоростей и высоком крутящем моменте;

область задира, вызываемого непосредственным контактом металла с металлом, что приводит к резкому повышению температуры, вследствие чего «размягчается» поверхность металла.

Трансмиссионные масла должны удовлетворять следующим требованиям:

снижать износ трущихся пар,

снижать потери энергии на преодоление трения,

отводить тепло от трущихся поверхностей,

защищать металлические поверхности от коррозии,

понижать шум и вибрацию шестерен и смягчать в них ударные нагрузки,

удалять из зоны трения продукты износа и другие примеси,

не быть токсичными.

Эти требования как основные принимают при разработке трансмиссионных и редукторных масел.

Смазывающая способиость. Главной функцией трансмиссионных масел является снижение трения и износа. Это свойство, называемое смазывающей способностью, обеспечивается в режимах *гидродинамического трения* вязкостью базового масла (толщиной масляной пленки) или с помощью модификаторов трения. Последние, накапливаясь на металлических поверхностях трущихся пар за счет адсорбции, упрочняют масляную пленку. При режимах *граничного трения*, возникающего в трансмиссиях под воздействием высоких температур и давлений, защита от износа возможна за счет активных элементов противоизносных и противозадирных присадок путем их химического взаимодействия с металлом трущейся поверхности. При этом образуются «новые продукты» (сульфиды, фосфаты и оксиды металла), обладающие пластичной структурой и относительно низким коэффициентом трения.

Влияние вязкости базового масла на смазывающие свойства представлено зависимостями на рис. 46. По мере возрастания вязкости масла возрастают критическая нагрузка и нагрузка сваривания, соответственно снижается диаметр пятна износа. Как видно из рисунка (кривая *1*), маловязкие масла вязкостью 4—6 мм²·с⁻¹ при 100 °С, не защищенные противозадирными и противоизносными присадками, уже при нагрузках 1000—1400 Н не могут сохранять необходимый уровень смазывающих свойств и устранять сваривание шаров на ЧШМ.

Вязкостно-температурные свойства. Вторая важная функция трансмиссионного масла — снижение потерь энергии на преодоление трения. Она также непосредственно связана с вязкостью масла, но в обратной зависимости: чем меньше вязкость, тем больше к. п. д. трансмиссии. Общие потери энергии в трансмиссии значительны. Если 25% так называемой полезной мощности автомобиля поступает от двигателя к трансмиссии без учета потерь, то в общей системе агрегатов трансмиссии за счет собственных потерь (в коробке передач, ведущем мосту и др.) эта мощность, передаваемая колесам для непосредственного передвижения автомобиля, снижается уже до 12%. Отсюда постоянное стремление конструкторов и эксплуатационников к созданию масла минимальной вязкости как для двигателя, так и для трансмиссий автомобилей. В связи с этим к маслу при его подборе предъявляют противоречивые требования. Для обеспечения холодного пуска трансмиссии при возможно низких температурах и минимуме потерь энергии на преодоление трения в передачах вязкость масла должна быть минимальной, а для обеспечения высокой несущей способности масляной пленки и для снижения утечек через уплотнения и герметизирующие устройства — максимальной.

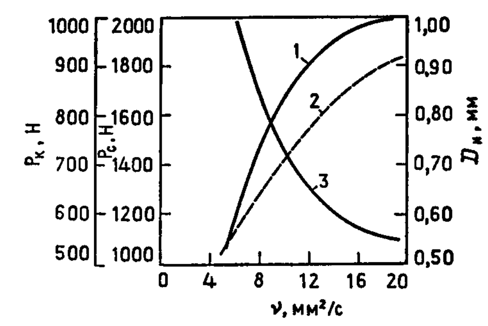
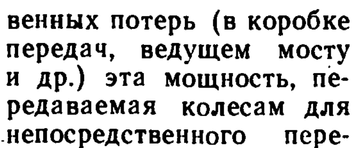


Рис. 46. Зависимость смазывающих свойств масла от кинематической вязкости ν при 100 °С:


1 — критическая нагрузка $P_к$; *2* — нагрузка сваривания $P_с$; *3* — диаметр пятна износа $D_и$

По мере совершенствования конструкций коробок передач, ведущих мостов, повышения интенсивности их работы доминирующим режимом работы узлов становится граничное трение,

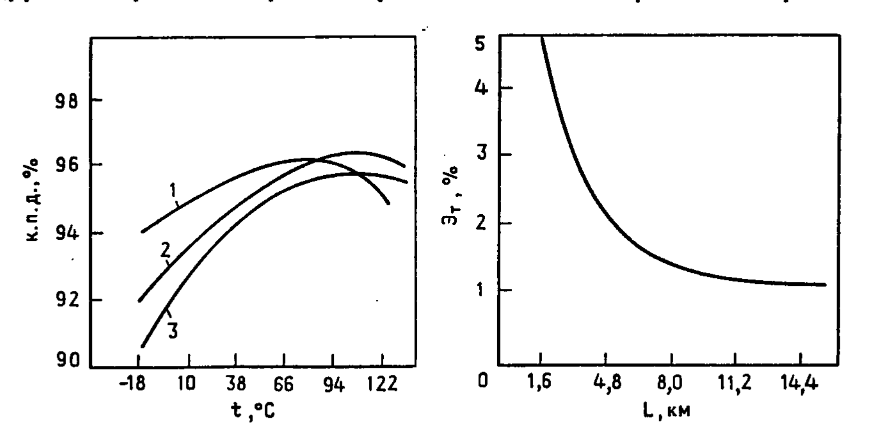


Рис. 47. Зависимость к. п. д. трансмиссии от температуры масла *t* при скорости вращения 2000 об/мин и крутящем момеите 89 Н·м:
1 — SAE75W; *2* — SAE80W; *3* — SAE80W/90

Рис. 48. Экономия топлива $Э_т$ в период разогрева автомобиля за счет применении трансмиссионного масла меньшей вязкости в зависимости от пробега автомобиля L

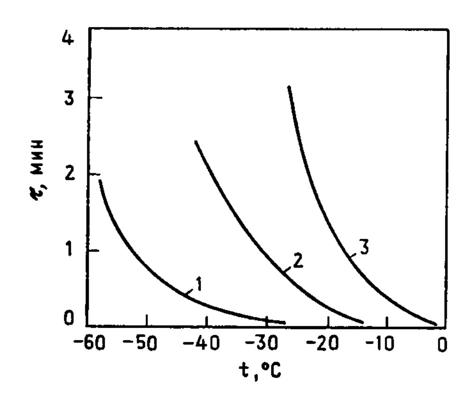


Рис. 49. Зависимость времени достижения маслом канавки подшипника τ от температуры *t*:
1 — масло ТМ5-9А; *2* — ТМ5-12В; *3* — ТАД-17И

при котором вязкость масла теряет первостепенное значение.

Улучшение конструкции и материалов уплотнений также позволяет использовать маловязкие масла. Снижение вязкости трансмиссионных масел способствует решению проблемы их низкотемпературной текучести. При сочетании хороших низкотемпературных свойств и сравнительно низкой вязкости трансмиссионного масла достигается заметная экономия топлива, особенно в период пуска и разогрева автомобиля. По данным Ли Шимана (фирма «Lubrizol», США), правильно выбранные масла с пониженной вязкостью обеспечивают нормальную работоспособность при низких температурах и дают значительную экономию топлива (рис. 47 и 48). Следует обращать особое внимание на низкотемпературную текучесть масла, обеспечивающую попадание его в масляные каналы подшипников коробки передач и ведущих мостов (рис. 49).

Классификация трансмиссионных масел и система обозначений

Многообразие требований к трансмиссионным маслам в зависимости от областей применения и обилие марок приводят к необходимости обобщения различных спецификаций и создания единой классификационной системы обозначения этих масел. В настоящее время за рубежом действует несколько классификаций трансмиссионных масел. Наиболее известные из них — SAE и API. В СССР для разделения по классам вязкости и эксплуатационным группам, а также для установления стандартных обозначений минеральных трансмиссионных масел принят ГОСТ 17479.2—85. С помощью буквенных и цифровых знаков определяют соответствующую принадлежность масла к классу и группе вязкости. В зависимости от уровня вязкости трансмиссионные масла разделяют на четыре класса:

Класс вязкости	ν_{100}, мм²/с	*t*, при которой η<150 Па·с, °С, не выше
9	6,00—10,99	—45
12	11,00—13,99	—35
18	14,00—24,99	—18
34	25,00—41,00	—

В соответствии с классом вязкости ограничены допустимые пределы кинематической вязкости при 100 °С и отрицательная температура, при которой еще обеспечивается надежная работа трансмиссий (зубчатых зацеплений в механических коробках передач, раздаточных коробках, ведущих мостах и других агрегатах), так как динамическая вязкость при этой температуре не превышает 150 Па·с.

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения масла для трансмиссий автомобилей, тракторов и другой мобильной техники отнесены к 5 группам, указанным в табл. 3.1.

ГОСТ 17479.2—85 предусматривает также буквенную аббревиатуру ТМ (трансмиссионное масло) и З — загущенное. Например, масло ТМ5-9$_з$ означает: трансмиссионное масло пятой эксплуатационной группы (т. е. с высокоэффективными противозадирной и противоизносной присадками или эффективной многофункциональной композицией присадок), девятого класса вязкости, содержащее вязкостную (загущающую) присадку.

Соотнесение продуктов действующего ассортимента трансмиссионных масел, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями по разным нормативно-техническим документациям, приведено в приложении I к ГОСТ 17479.2—85 (табл. 3.2). При определении взаимозаменяемости отечественных и зарубежных трансмиссионных масел следует учесть, что индексация марок зарубежных продуктов предусматривает цифровые обозначения, относящиеся, как правило, к той или иной вязкостной группе одной из известных зарубежных классификаций (см. Приложение).

Таблица 3.1. Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2—85

Группа масел	Наличие присадок	Область применения: контактные напряжения и температура масла в объеме
1	Без присадок	Прямозубые, конические и червячные передачи; до 1600 МПа и до 90 °С
2	Противоизносные присадки	Прямозубые, спирально-конические и другие передачи; до 2100 МПа и до 120 °С
3	Противозадирные присадки умеренной эффективности	То же, до 2500 МПа и до 150 °С
4	Противозадирные высокоэффективные присадки	Различные трансмиссии, включая гипоидные; до 3000 МПа и до 150 °С
5	Противозадирные и противоизносные высокоэффективные присадки и многофункциональные композиции присадок	Гипоидные передачи; ⩾3000 МПа, включая ударные нагрузки, и до 150 °С

Таблица 3.2. Обозначение трансмиссионных масел

Обозначение по ГОСТ 17479.2—85	Существующее обозначение	Нормативно-техническая документация
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38 101110—86
ТМ-1-18	АК-15	ТУ 38 001280—76
ТМ-2-9	ТСп-10ЭФО	ТУ 38 101701—77
ТМ-2-18	ТЭп-15	ГОСТ 23652—79
ТМ-2-34	ТС	ОСТ 38 01260—82
ТМ-3-9$_з$	ТСп-8	ОСТ 38 001365—84
ТМ-3-9	ТСп-10	ГОСТ 23632—79
ТМ-3-18	ТСп-15К	ГОСТ 23652—79
ТМ-3-18	ТАП-15В	ГОСТ 23652—79
ТМ-4-9$_з$	ТС$_з$-9 гип	ОСТ 38 01158—78
ТМ-4-18	ТСп-14 гип	ГОСТ 23652—79
ТМ-4-34	ТСгип	ОСТ 38 01260—82
ТМ-5-12$_з$	ТМ5-12рк	ТУ 38 101844—80
ТМ-5-18	ТАД-17И	ГОСТ 23656—79

Основные требования к физическим свойствам трансмиссионных масел за рубежом по существу сформулированы в двух действующих в настоящее время нормативных документах — классификации SAE J 306C и спецификации военного ведомства США MIL-L-2105C (табл. 3.3). По классификации SAE трансмиссионные масла делят на 7 классов вязкости, при этом первые 4 клас-

Таблица 3.3. Основные зарубежные спецификации на трансмиссионные масла

Показатель	SAE J 306C							MIL-L-2105C		
	Группа вязкости									
	70	75	80	85	90	140	250	75W	80W-90	85W-140
Вязкость при 100 °С, мм²/с: минимальная	4,1	4,1	7,0	11,0	13,5	24,0	41,0	4,1	13,5	24,0
максимальная	Нет требований				24,0	41,0	Нет требований	—	<24,0	<41,0
Максимальная температура для вязкости масла 150 Па·с, °С*	—55	—40	—26	—12	Нет требований			—40	—26	—12
Температура образования незатекающих канавок, °С	Нет требований							≤—45	≤—35	≤—20
Температура вспышки, °С	Нет требований							≤150	≤165	≤180

* Динамическую вязкость определяют по методу ASTMD-2983 в ротационном вискозиметре Брукфилда при низких градиентах скорости сдвига.

са — загущенные масла (индекс W — для зимнего или всесезонного применения). Спецификации MIL-L-2105C также предусматривают преимущественно применение всесезонных масел трех вязкостных групп. Низкотемпературная область применения масел здесь ограничена тоже максимальной температурой, при которой вязкость масла становится равной или ниже 150 Па·с. Эта вязкость и по зарубежным данным считается предельной, при которой сохраняются шестерни, подшипники, узлы и агрегаты трансмиссий от повреждений из-за недостаточной текучести масла. Спецификации SAE J 306C и MIL-L-2105C по основным требованиям к физическим свойствам трансмиссионных масел взаимосвязаны и не противоречат друг другу.

За рубежом хорошо известна и классификация Американского нефтяного института API, в соответствии с которой масла в зависимости от конструкции и условий эксплуатации трансмиссий делят на шесть групп:

Группа GL-1 — относительно мягкие условия эксплуатации (невысокие нагрузки и скорости скольжения) в механических коробках передач с ручным переключением, ведущих мостах со спирально-коническими и червячными шестернями; в основном масла без присадок или с депрессорными и антипенными присадками.

Группа GL-2 — заметно жесткие условия по нагрузкам и скоростям скольжения в главных передачах грузовых автомобилей с червячными парами; в состав масел входят антифрикционные присадки.

Группа GL-3 — умеренно-жесткие условия со средними нагрузками и скоростями скольжения в ведущих мостах со спирально-коническими шестернями и некоторые коробки передач; в масле должны быть слабые противозадирные присадки.

Группа GL-4 — тяжелые условия работы масла в ведущих мостах с гипоидными шестернями и механических коробках передач легковых автомобилей; в составе масла должна быть противозадирная присадка средней активности (умеренного действия).

Группа GL-5 — очень тяжелые условия по нагрузкам и скоростям скольжения, включая ударные нагрузки в гипоидных парах легковых и грузовых автомобилей, механические коробки передач; в составе масла должны быть активные противозадирные и противоизносные присадки.

Группа GL-6 — очень тяжелые условия с высокими скоростями скольжения и ударными нагрузками в гипоидных передачах с возможно большим сдвигом осей; в составе масла должны быть сильнодействующие противозадирные и противоизносные присадки.

Приведенные здесь классификации и спецификации, а также диаграмма показателей вязкости масел (см. Приложение) могут оказаться полезными при подборе зарубежных аналогов трансмиссионных масел для отечественной или импортной техники.

В левом столбце диаграммы отражены классы вязкости ISO в мм²/с при 40 °С. Этот столбец включает 11 классов вязкости из 14, входящих в вязкостную градацию ISO. Ниже и выше указанных в столбце классов в градацию входят еще редко встречающиеся классы 10, 1000 и 1500 соответственно.

В столбце рядом отражена вязкостная градация, принятая AGMA (Общество американских производителей трансмиссий), в которой имеется 8 классов вязкости, при этом относительно широкий диапазон каждого класса указы-

вается в универсальных секундах Сейболта SUS. Следующие два столбца — классификационные группы SAE для трансмиссионных и моторных масел — указывают их среднюю вязкость в секундах Сейболта (универсальных) при 210 °F (SUS).

В правом столбце даны наиболее распространенные вязкостные группы базовых масел. При этом восемь нижних групп с буквой N — нейтральные дистиллятные масла с указанием средней вязкости в универсальных секундах Сейболта при 100 °F, а две верхних группы с буквенными обозначениями Brt (Brightstock) — высоковязкие остаточные масла с указанием средней вязкости (SUS при 210 °F).

Ассортимент трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла без присадок (табл. 3.4)

Трансмиссионные масла без присадок применяют ограниченно, так как по ряду показателей они не соответствуют современным требованиям эксплуатации. Их производство сохраняется для смазывания машин и механизмов с зубчатыми передачами, которые работают при невысоких оборотах, относительно небольших удельных нагрузках в узлах трения, а температура масла в объеме не превышает 50—70 °С. По мере обновления транспортных средств и ужесточения режимов работы машин и механизмов объемы производства этих масел снижаются, а области их применения значительно сокращаются. В настоящее время сохраняется производство трех сортов масел без присадок.

Таблица 3.4. Характеристики трансмиссионных масел без присадок

Показатель	Нигрол		АК-15	ТС-14,5
	зимнее	летнее		
Вязкость:				
кинематическая при 100 °С, мм²/с	18—22	27—34	⩾15	⩾14,5
динамическая при —20 °С Па·с	—	—	—	⩽65
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	170	180	225	200
застывания, не выше	—20	—5	—5	—15
Содержание, %:				
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
воды	Следы			Отсутствие
механических примесей, не более	0,05	0,05	Отсутствие	
серы, не более	—	—	—	0,5
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	960	970	—	—
Испытание на коррозию пластинок из стали марок 40 или 50 и меди марки М-2	Выдерживает		—	Выдерживает

Примечания.
1. Песок и другие абразивные вещества в механических примесях не допускаются.
2. К маслам нигрол (зимний) и АК-15 допускается добавление депрессатора.
3. В масле АК-15 нормируется: кислотное число ⩽0,2 мг KOH/г; коксуемость ⩽0,7%; индекс вязкости ⩾50; цвет на колориметре ЦНТ (разбавление 15 : 85) — ⩽6,0 ед. ЦНТ.

Масло трансмиссионное для промышленного оборудования — нигрол (ТУ 38 101529—75) — вязкий неочищенный продукт прямой перегонки нафтеновых нефтей. Выпускают зимнее и летнее, различающиеся между собой вязкостью, температурами вспышки и застывания. Применяют для смазывания слабонагруженных узлов промышленного оборудования — открытых зубчатых передач, редукторов и др.

Масло базовое ТС-14,5 (ТУ 38 101110—86) — вырабатывают из малосернистых нафтено-парафиновых нефтей. Применяют в качестве основы некоторых трансмиссионных масел и дисперсионной среды некоторых пластичных смазок. В чистом виде используют также для смазывания подшипников жидкостного трения прокатных станов.

Масло АК-15 (ТУ 38 001 280—76) — вязкое нефтяное масло для смазывания различных трансмиссий прямозубых и червячных передач, работающих при относительно невысоких температурах (до 90 °С) и контактных напряжениях (до 800 МПа). Вырабатывают из нафтеновых нефтей, поэтому масло имеет низкий индекс вязкости. Для снижения температуры застывания в масло вводят депрессатор АзНИИ.

Трансмиссионные масла классов вязкости 9 и 12

Это низкозастывающие мало- и средневязкие нефтяные масла. В качестве базовых компонентов для них используют вязкие остаточные и маловязкие дистиллятные масла с низкой температурой застывания. В этих случаях для достижения низкой температуры застывания применяют и депрессорные присадки.

Наиболее низкозастывающие масла указанных классов вязкости вырабатывают на основе глубокодепарафинированных дистиллятных масел с температурой застывания минус 45—55 °С (МС-8, МС-10, трансформаторное, АСВ-5) загущением их вязкостными присадками (полиизобутеном или полиметакрилатом). Применение таких базовых компонентов придает зимним и северным маркам трансмиссионных масел необходимые вязкостно-температурные свойства и пусковые характеристики при низких температурах.

Незагущенные зимние трансмиссионные масла (табл. 3.5)

Масло ТСп-10: автомобильное с присадкой ОТП (ГОСТ 23652—79), тракторное с присадкой ЭФО (ТУ 38 101701—77). Оба масла вырабатывают из малосернистых нефтей, при этом используют высоковязкий остаточный деасфальтированный компонент и маловязкий дистиллятный продукт с низкой температурой застывания. Кроме основных противозадирно-противоизносных присадок (ОТП или ЭФО) в эти масла для снижения тем-

Таблица 3.5. Характеристики незагущенных северных трансмиссионных и редукторного масел (класс вязкости 9)

Показатель	ТСп-10 с ОТП	ТСп-10 с ЭФО	ВНИИНП-30	МТ-8п
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 100 °С, не менее	10,0	10,0	5,5	8,0—9,0
при —40 °С, не более	—	—	9500	—
Индекс вязкости, не менее	90	95	—	90
Вязкость динамическая при —35 °С, Па·с, не более	300	300	—	—
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	128	130	150	180
застывания, не выше	—40	—40	—50	—30
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	0,1	0,01
Содержание, %:				
механических примесей, не более	0,02	0,02	Отсутствие	0,015
воды	Следы		Отсутствие	Следы
серы (фосфора), не менее	1,6	(0,07)	—	—
цинка, не менее	—	0,05	—	—
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди (3 ч, при 100 °С)	Выдерживает			
Смазывающие свойства на ЧШМ:				
$И_з$, не менее	48	36	—	35
$D_и$ при нагрузке 392 Н (1 ч при 20 °С), мм, не менее	0,80	0,40	—	—
Плотность прв 20 °С, кг/м³, не более	915	—	—	900

Примечания.

1. Для масла ТСп-10 с ОТП нормируется термоокислительная стабильность на приборе ДК-НАМИ при 140 °С в течение 20 ч: $\Delta\nu_{100}<27\%$, содержание осадка в петролейном эфире <0,7%.
2. Для масла МТ-8п нормируется: коррозия свинца C_1 или $C_2<5{,}0$ г/м²; цвет (разбавление 15 : 85) <8,0 ед. ЦТН; термоокислительная стабильность >60 мин; моющие свойства по ПЗВ <1,0 балл; коксуемость масла без присадок <0,30%; зольность масла с присадками — 0,4—0,75% и без присадок — <0,005; щелочность >2,0 мг КОН/г.

пературы застывания вводят депрессорные присадки (АФК или АзНИИ—ЦИАТИМ-1).

Оба масла применяют всесезонно в северных районах и как зимние — в средней климатической зоне — для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, работающих при контактных напряжениях до 1500—2000 МПа и температурах масла в объеме до 100—110 °С.

Используют при температурах окружающей среды до минус 30—35 °С.

Масло ВНИИНП-30 (ОСТ 38 01144—77) — вырабатывают на базе глубокоочищенного низкозастывающего масла из сернистых

нефтей с композицией присадок, улучшающих эксплуатационные свойства. Предназначено для различных по конструкции редукторов (с червячной, цилиндрической, цилиндрическо-конической и конической передачами), работающих в условиях низких температур — до минус 40—45 °С.

Моторно-трансмиссионное масло МТ-8п (ТУ 38 101277—85) — масло селективной очистки из сернистых нефтей, содержит многофункциональную присадку с комплексом противоизносных, антикоррозионных, антиокислительных и моющих свойств, а также депрессорную и антипенные присадки. Применяют как трансмиссионное для гусеничных машин в планетарных коробках передач, планетарных бортовых передачах и в системе гидроуправления.

Загущенные северные трансмиссионные масла (табл. 3.6)

Масло ТСзп-8 (ОСТ 38 01365—84) представляет собой глубокоочищенную маловязкую низкозастывающую нефтяную основу, загущенную стойкой к деструкции вязкостной присадкой. С целью обеспечения высоких эксплуатационных показателей в масло вводят противозадирную, противоизносную, антиокислительную и антипенную присадки. Масло предназначено для смазывания агрегатов трансмиссий, имеющих планетарные редукторы коробок передач и некоторых систем гидроуправления мобильных транспортных средств.

Масло ТСз-9гип (ОСТ 38 01158—78) — смесь высоковязкого и маловязкого низкозастывающего глубокоочищенного нефтяных масел, загущенная полимерной вязкостной присадкой, стойкой против деструкции. В состав масла входят противозадирная, антиокислительная, антикоррозионная, депрессорная и антипенная присадки. Масло работоспособно в интервале температур —50 ... +120 °С в различных автомобильных трансмиссиях, включая гипоидные.

Масло ТМ5-12 (перспективная марка) — всесезонное для холодной климатической зоны и зимнее для средней полосы. Предназначено для смазывания агрегатов трансмиссий грузовых и легковых автомобилей, а также других транспортных средств, имеющих гипоидные, спирально-конические, цилиндрические и червячные передачи. Представляет собой глубокоочищенную низкозастывающую нефтяную основу, в состав которой вводят хорошо сбалансированную композицию присадок, улучшающую функциональные свойства масла: противозадирные, противоизносные, антиокислительные, антиржавейные, антипенные и др. Температурный диапазон работоспособности масла от минус 40 до плюс 140 °С. Используют в качестве зимнего для коробок передач и ведущего моста автомобилей семейства «Жигули».

Масло ТМ5-12рк (перспективная марка) — универсальное всесезонное рабоче-консервационное трансмиссионное масло,

Таблица 3.6. Характеристики загущенных северных трансмиссионных масел (классы вязкости 9 и 12)

Показатель	ТСзп-8	ТСз-9гип	ТМ5-12	ТМ5-12рк	СТ-20
Вязкость кинематическая при 100 (50) °С, мм²/с, не менее	7,5*	9,0 (≤36,0)	12,0	12,0	9
Индекс вязкости, не менее	140	140	130	120	
Вязкость динамическая при −45 (−35) °С, Па·с, не более	—	150	(50)	150	≤200*
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	170	160	180	180	130
застывания, не выше	−50	−50	−40	−45	−60
Содержание, %:					
механических примесей, не более	0,025	0,05	0,02	0,02	0,05
воды	Следы				
серы (хлора), не менее	0,7	(2,8)	2,4	2,1	
фосфора, не менее	0,08	—	0,1	0,1	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	1,0	2,0	2,8	—
Испытание на коррозию пластинок из стали и меди	Выдерживает				
Смазывающие свойства на ЧШМ:					
$И_з$, не менее	40	50	58	58	—
$D_и$ при 20 °С, 1 ч и нагрузке 392 Н, мм, не более	0,50	0,90	0,50	0,60	—
$P_{св}$, Н, не менее	2764	3283	3480	3087	—
$P_к$, Н, не менее	823	1235	—	—	—

* При −60 °С.

предназначенное для эксплуатации и консервации агрегатов трансмиссий автомобилей и другой мобильной техники, имеющих гипоидные, спирально-конические, конические, червячные и цилиндрические передачи. Базовое масло и основные присадки те же, что и в масле ТМ5-12. Дополнительно в состав этого масла вводят консервационную присадку НГ-107Т, сочетание которой с основными функциональными присадками обеспечивает комплекс рабоче-консервационных свойств.

Масло специальное **СТ-20** (ТУ 38 101170—76) — вырабатывают из малопарафинистой нефти, что обеспечивает чрезвычайно низкую температуру застывания. Вязкостные свойства улучшены введением загущающей полимерной присадки, а хорошее сочетание серохлорсодержащей противозадирной и серофосфорсодержащей противоизносной присадок обеспечивает высокую смазочную способность масла. Предназначено для смазывания специальных редукторов, работающих при незначительных скоростях скольжения и высоких контактных напряжениях (до 1200—1600 МПа). Работоспособность масла рассчитана на длительный срок в диапазоне температур −60 ... +80 °С.

Трансмиссионные масла класса вязкости 18 (табл. 3.7)

Эти вязкие масла по объемам производства и потребления наиболее широко представлены в ассортименте трансмиссионных смазочных материалов. В основном они представляют собой минеральные масла остаточного происхождения с композицией присадок. Область применения охватывает все грузовые и легковые автомобили, трактора, дорожно-строительные машины и другие виды мобильной техники, а также редукторы промышленного оборудования. Большинство трансмиссионных масел этого класса объединены в ГОСТ 23652—79.

Масло ТЭп-15 (ГОСТ 23652—79) вырабатывают на базе ароматизированных остаточных продуктов и дистиллятных масел. Функциональные свойства масла улучшены за счет введения противоизносной присадки ЭФО и депрессорной присадки АФК. Применяют в качестве всесезонного трансмиссионного масла для тракторов и других сельскохозяйственных машин в районах с умеренным климатом, имеет рабочий температурный диапазон −20 ... +100 °С.

Масло ТСп-15К (ГОСТ 23652—79) — трансмиссионное масло, единое для коробки передач и главной передачи (двухступенчатый редуктор с цилиндрическими и спирально-коническими шестернями) автомобилей КамАЗ. Представляет собой остаточное масло с небольшой добавкой дистиллятного и композицией присадок, улучшающих противозадирные, противоизносные, низкотемпературные и антипенные свойства. Работоспособно длительно при температурах −20 ... +130 °С.

Масло ТАП-15В (ГОСТ 23652—79) — смесь высоковязкого ароматизированного продукта с дистиллятным маслом и композицией присадок, улучшающих противозадирные и низкотемпературные свойства. Вырабатывают два варианта масла, различающиеся противозадирными присадками: ОТП — осерненные тетрамеры пропилена; ЛЗ-23К — этилен-бис-изопропилксантогенат. Присадки обладают хорошими противозадирными свойствами благодаря высокому содержанию активной серы (20—22% в первом случае и 36—40% — во втором). Применяют в трансмиссиях грузовых автомобилей и для смазывания прямозубых, спирально-конических и червячных передач, в которых контактные напряжения достигают 2000 МПа, а температура масла в объеме — 130 °С. В средней климатической зоне используют всесезонно до минус 25 °С.

Таблица 3.7. Характеристика вязких трансмиссионных масел (класс вязкости 18)

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАП-15В	ТСп-14гип	ТАД-17И	МТН-2
Вязкость кинематическая, мм²/с:						
при 50 °С	—	—	—	—	110—120	⩾180
при 100 °С	15,0±1	⩾16,0	15,0±1	⩾14,0	⩾17,5	—
Вязкость динамическая при —15 (20) °С, Па·с, не более	20	75	180	(80)	—	—
	—	90	—	85	100	
Индекс вязкости, не менее	—	90	—	85	100	—
Температура, °С:						
вспышки в открытом (закрытом) тигле, не менее	185	185	185	215	200	(110)
застывания, не выше	—18	—25	—20	—25	—25	—45
Содержание, %:						
механических примесей, не более	0,03	0,01	0,03	0,01	Отсутствие	
воды	Следы			Отсутствие	Следы	Отсутствие
Испытание на коррозию пластинок в течение 3 ч:						
из стали и меди при 100 °С	Выдерживает				—	Выдерживает
из меди при 120 °С, баллы, не более	—	2с	—	—	2с	—
Зольность, %, не менее	0,3*	—	—	—	0,3	0,007
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	—	2,0	0,15
Содержание, %:						
фосфора (хлора), не менее	0,06	—	—	(0,5)	0,1	—
серы	3,0	—	1,2	—	2,7—3,0	—
Стабильность на приборе ДК-НАМИ (140 °С, 20 ч):						
$\Delta\nu_{100}$, %, не более	25,0	7,0	—	—	—	—
осадок в петролейном эфире, %, не более	0,7	0,05	—	—	—	0,05
Склонность к пенообразованию, см³, не более:						
при 24 °С	—	300	—	500	100	—
при 94 °С	—	50	—	450	50	—
при 24 °С после испытания при 94 °С	—	300	—	550	100	—
Смазывающие свойства на ЧШМ:						
$И_з$, не менее	—	55	50	60	58	—
$P_{св}$, Н, не менее	—	3479	3283	3920	3687	—

Показатель	ТЭп-15	ТСп-15К	ТАП-15В	ТСп-14гип	ТАД-17И	МТН-2
$D_и$ при осевой нагрузке 392 Н (20±5 °С, 1 ч), мм, не более	0,55	0,50	[*]	[*]	0,40	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—	6,0	5,0	—
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	Отсутствие	—	—	Отсутствие
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	950	910	930	910	907	

Примечания.

1. Для масла ТАД-17И нормируют: термоокислительная стабильность на шестеренной машине при 155 °С в течение 50 ч — $\Delta\nu_{50}$ ⩽100%, осадки в петролейном эфире и бензине — ⩽3 и ⩽2% соответственно; изменение объема резины акрилатной марки 2800 и нитрильной марки 57—5023 в пределах ±5,0 и ±8,0 соответственно; коксуемость ⩽1,0%.

2. Легкое помутнение масла МТН-2 в процессе хранения при температуре ниже минус 10 °С не служит браковочным признаком при условии отсутствия в масле влаги и механических примесей.

Масло ТСп-14гип (ГОСТ 23652—79) вырабатывают на основе масла ТС-14,5 (ТУ 38 101110—71) с композицией противозадирной, моющей и антипенной присадок. В качестве противозадирного компонента используют хлорфосфорсодержащую присадку — Хлорэф-40 (*о,о*-дибутиловый эфир трихлорметилфосфоновой кислоты). Предназначено для смазывания гипоидных передач грузовых автомобилей (в основном, семейства ГАЗ) и специальных машин в качестве всесезонного для умеренной климатической зоны. Диапазон рабочих температур масла —25 ... +130 °С.

Масло ТАД-17И (ГОСТ 23652—79) — минеральное с хорошо сбалансированной серофосфорсодержащей композицией присадок, также улучшающей антиокислительные, антиржавейные и противопенные свойства. Благодаря хорошему индексу вязкости и депрессорной присадке масло работоспособно до минус 25 °С. Верхний предел длительной работоспособности 130—140 °С. Предназначено для смазывания гипоидных ведущих мостов и коробок перемены передач легковых автомобилей ВАЗ, ГАЗ и АЗЛК.

Масло специальное МНТ-2 (ТУ 38 001134—73) — низкозастывающее нефтяное масло, загущенное полиизобутеном с молекулярной массой 15—20 тыс. С целью улучшения антиокислительных и противоизносных свойств в масло вводят функциональные присадки ионол и совол, а для снижения температуры застывания — присадки АзНИИ или АзНИИ—ЦИАТИМ-1. От-

личные вязкостно-температурные свойства масла позволяют всесезонно применять его в холодных условиях при температурах окружающей среды до минус 40 °С.

Высоковязкие трансмиссионные масла (табл. 3.8)

Это масла класса вязкости 34. Применяют их ограниченно, в основном для смазывания устаревших видов мобильной техники в умеренной и жаркой климатических зонах.

Масла ТСгип и ТС (ОСТ 38 01260—82) предназначены для тяжелонагруженных быстроходных зубчатых передач. Масло ТСгип используют для смазывания прямозубых, спирально-конических, гипоидных и червячных передач, в которых контактные напряжения превышают 2000 МПа и температура масла в объеме достигает 120—130 °С. Масло ТС применяют в коробках передач и рулевом управлении автомобилей, исключая машины ВАЗ.

Готовят на базе осернения тяжелых продуктов серой. Для этого применяют вязкие нефтяные остатки с высоким содержанием ароматических углеводородов либо экстракты селективной очистки масел. В качестве дистиллятного компонента, улучшающего низкотемпературные характеристики этих масел, как правило, используют маловязкие низкозастывающие масла. В состав масла ТС добавляют осерненное растительное масло.

МАСЛА ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Конструктивные особенности гидромеханических коробок передач современной автотракторной техники предъявляют сложные и в значительной мере противоречивые требования к смазочным маслам. Прежде всего это касается вязкостных, фрикционных, противоизносных и антиокислительных свойств масел. Наиболее

Таблица 3.8. Характеристики высоковязких трансмиссионных масел

Показатель	ТСгип	ТС
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	20,5—32,4	20,5—32,4
Содержание:		
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
механических примесей, %, не более	0,10	0,10
воды	Отсутствие	
серы, %, не менее	1,5	1,2
Температура застывания, °С, не выше	—20	—20
Испытание на коррозию пластин		
из стали марок 40 или 50	Выдерживает	
из меди марки М-2К	Потемнение	Выдерживает
Содержание нитробензола	—	Отсутствие

Примечание. Песок и другие абразивные вещества в механических примесях не допускаются.

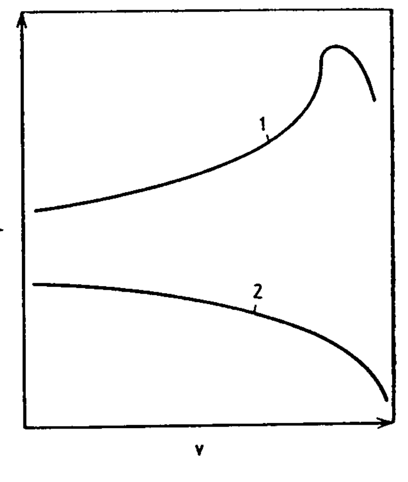


Рис. 50. Зависимость коэффициента трения f от скорости скольжения v:
1 — масло без модификатора трения; 2 — масло с модификатором трения

важными являются характеристики фрикционных свойств — коэффициенты статического и динамического трения, от которых зависит эффективность работы фрикционных дисков сцепления. Плохие фрикционные свойства масла в моменты переключения скоростей могут привести к проскальзыванию, в то время как смазочный слой должен обеспечивать контакт дисков с относительно высоким коэффициентом трения. Но такое масло вызывает значительные потери энергии на преодоление трения в других узлах.

Другим противоречием при формировании состава масла является противоизносная присадка, во многих случаях понижающая коэффициент трения, особенно «модификаторы» трения. Поэтому в некоторых спецификациях на масла для гидромеханических передач подчеркивается наличие или отсутствие модификаторов трения. Это наглядно иллюстрируется зависимостями на рис. 50, на котором показаны две типичные кривые трения, получаемые на испытательном стенде с малой скоростью скольжения (LVFA): масло без модификатора трения дает высокий коэффициент статического трения, масло с модификатором трения — низкий коэффициент статического трения.

Условия работы гидромуфты и гидротрансформатора, высокие скорости потоков масла — до 100 м/с с целью повышения к. п. д. и обеспечения возможной работы при низких температурах требуют минимальной вязкости масла. Хотя при этом необходимо подбирать специальные сальники и другие уплотнители. Применение масел с пониженной вязкостью в гидромеханических коробках передач и ведущих мостах с блокировкой дифференциала некоторых конструкций автомобилей может привести к возникновению шума. Эта опасность, как правило, устраняется правильным подбором масла и введением в него присадок, улучшающих смазывающую способность.

Наряду с этим масла для гидромеханических передач должны обладать хорошими антикоррозионными и антипенными свойствами, совмещаться с различными уплотнительными материалами. Такие свойства обеспечиваются применением маловязких низкозастывающих хорошо очищенных нефтяных или синтетиче-

Таблица 3.9. Характеристики масел для гидромеханических передач

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	А	Р	МГТ
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 100 °С	[*]	[*]	6—7
при 50 °С	23—30	12—14	—
при —20 °С	⩽2100	⩽1300	—
Вязкость динамическая при —50 °С, Па·с	—	—	⩽40
Индекс иязкости	—	—	⩾175
Температура, °С:			
испышки в открытом тигле, не ниже	175	163	160
застывания, не выше	—40	—45	—55
Содержание:			
механических примесей, %, не более	0,01	0,01	0,01
воды	Отсутствие		
водорастиоримых кислот и щелочей	Допускается щелочная реакция		
Испытание на коррозию, балл	Выдерживает		⩽2а
Стабильность в приборе ДК-НАМИ:			
осадок в колбе	Отсутствие		—
осадок после разбавления масла растворителем, % (масс.), не более	0,07	0,03	0,07
Зольность, %, не менее	0,60	0,60	—
Содержание, %, не менее:			
цинка	0,08	0,08	—
кальция	0,16	0,16	—
Смазывающие свойства на ЧШМ (по ГОСТ 9490—75):			
$И_з$, не менее	—	—	40
$D_и$, при осевой нагрузке 392,4 Н, мм, не более	—	—	0,5
Склонность к пенообразованию, см³, не более:			
при 24 °С	[*]	[*]	⩽100
при 94 °С	[*]	[*]	⩽100
при 24 °С после испытания при 94 °С	[*]	[*]	⩽100
Воздействие на резину [72 ч, 125 °С (130 °С)], %:			
УИМ-1:			
изменение объема	—	—	0—8
изменение массы	—	—	0—7
резина 9831 с			
изменение массы	(±2,0)	—	—

ских базовых масел и комплекса функциональных присадок. Среди последних особо следует отметить фрикционную, влияющую на наиболее критические параметры масла — коэффициенты статического и динамического трения, а также продолжительность включения передачи.

Несмотря на антиокислительный потенциал, придаваемый маслу присадками, в нем при постоянном воздействии повышенных рабочих температур со временем начинают накапливаться продукты разложения (старения). Отлагаясь на фрикционных дисках сцепления, они могут вызвать «засаливание» их. Во избежание этого во многие масла для гидромеханических коробок передач наряду с перечисленными выше присадками вводят дополнительно детергентно-диспергирующие (моющие) присадки. За счет тонкого диспергирования продуктов окисления масла по мере их образования эти присадки препятствуют агрегированию частичек и отложению на трущихся поверхностях.

Масла для гидромеханических передач вырабатывают на базе маловязких фракций сернистых парафинистых нефтей посредством их селективной очистки, глубокой депарафинизации и загущают вязкостными присадками (полиизобутен, полиметакрилат). Используют эти масла в различных областях: автоматические трансмиссии и гидротрансформаторы легковых и грузовых автомобилей, автобусов, насосы гидравлического усиления рулевого управления, коробки передач с переключением ступеней при помощи сервопривода, а также различные гидравлические механизмы с крыльчатыми и поршневыми насосами. Выпускают три марки масел (табл. 3.9):

марка А (ОСТ 38 01434—87) для гидротрансформаторов и автоматических коробок передач;

марка Р (ОСТ 38 01434—87) для системы гидроусилителя руля и гидрообъемных передач.

МГТ (ТУ 38 101103—87) для гидромеханических коробок передач и различных гидравлических передач.

ОСЕВЫЕ МАСЛА

Осевые масла — неочищенные прямогонные продукты нефтепереработки, используемые в качестве смазочных материалов. Основная область применения — подвижной состав железнодорожного транспорта, где их используют для смазывания шеек осей колесных пар вагонов, тепловозов с подшипниками скользящего трения. Иногда применяют для смазывания узлов трения и некоторых малонагруженных зубчатых редукторов промышленного оборудования. В соответствии с ГОСТ 610—72 выпускают осевые масла трех марок: Л — для летнего применения, З — для зимнего применения и С — для применения в особо холодных регионах (северный).

Таблица 3.10. Характеристики осевых масел

Показатель	Л	З	С
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	42—60	⩾22	12—14
Вязкость динамическая (при температуре, °С), Па·с, не более	15 (—10)	60 (—30)	0,2 (0); 250 (—50)
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	125	125
застывания, не выше	—	—40	—55
Содержание, %:			
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		
механических примесей, не более	0,07	0,05	0,04
воды, не более	Следы	0,3	0,1

Осевые масла вырабатывают из малосернистых нафтеновых и нафтено-парафиновых нефтей, причем зимнее и северное, как правило, представляют собой дистиллятные фракции, а летнее — смесь дистиллятных фракций с остатком от прямой перегонки нефти.

Основные показатели качества осевых масел — вязкость и температура застывания, что обусловлено спецификой их применения: подача к узлам трения (к шейкам осей) осуществляется по волокнам подбивочных концов или фитилей. Характеристики осевых масел приведены в табл. 3.10.

РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Общие требования и свойства

Основная функция рабочих жидкостей (жидких сред) для гидравлических систем — передача механической энергии от ее источника к месту использования с обеспечением изменения величины или направления приложенной силы. Гидравлический привод не может действовать без жидкой рабочей среды, являющейся необходимым конструкционным элементом любой гидравлической системы. В постоянном совершенствовании конструкций гидравлических приводов отмечаются следующие тенденции:

повышение рабочих давлений и связанное с этим расширение верхних температурных пределов эксплуатации рабочих жидкостей;

сокращение общей массы привода или увеличение отношения передаваемой мощности к массе, что обусловливает более интенсивную эксплуатацию рабочей жидкости;

уменьшение рабочих зазоров между деталями рабочего органа, выходной и приемной полостей гидравлической системы, что ужесточает требования к чистоте рабочих жидкостей (или ее фильтруемости при наличии фильтров в гидравлических системах).

С целью удовлетворения требований, продиктованных указанными тенденциями развития гидравлических приводов, современные рабочие жидкости для них должны:

иметь оптимальный уровень вязкости и хорошие вязкостно-температурные характеристики в широком диапазоне температур, т. е. высокий индекс вязкости, или пологую вязкостно-температурную кривую;

отличаться высоким антиокислительным потенциалом, а также термической и химической стабильностью, обеспечивающими длительную бессменную работу жидкости в гидравлической системе;

защищать детали гидравлического привода от коррозии;

обладать хорошей фильтруемостью;

иметь необходимые деаэрирующие, деэмульгирующие и антипенные свойства;

характеризоваться высокой смазочной способностью, необходимым противозадирным и противоизносным потенциалом;

быть совместимыми с резинами, эластомерами и другими уплотнительными материалами.

В соответствии с повышением требований безопасности в некоторых специфических областях применения, таких, как горнодобывающая (угольная) и сталелитейная промышленность, в отдельную группу выделились огнестойкие (трудновоспламеняющиеся) рабочие жидкости на водной основе (эмульсии «масло в воде», «вода в масле», водно-гликолевые смеси и др.) и жидкости, не содержащие воды (сложные эфиры фосфорной кислоты, олигоорганосилоксаны, фторированные углеводороды и др.).

Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых компонентов, получаемых из рядовых нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки. Наряду с этим ряд низкозастывающих маловязких гидравлических масел получают глубокой сернокислотной очисткой (деароматизацией) легких фракций уникальных малопарафиновых нефтей нафтенового основания.

Физико-химические и эксплуатационные свойства современных гидравлических масел улучшаются при введении в них функциональных присадок — антиокислительных, антикоррозионных, противоизносных, противозадирных, противопенных и др. Следует особо отметить стремление к улучшению противоизносных свойств, вызванное включением в новые конструкции гидравлических систем интенсифицированных гидравлических насо-

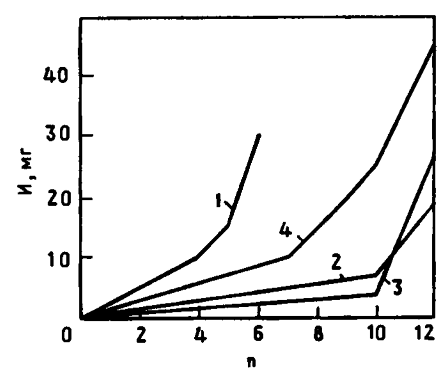


Рис. 51. Зависимость износа И от степени нагружения *n* и концентрации диалкилдитиофосфата цинка в гидравлическом масле МГЕ-46В (шестеренный стенд FZG):

1 — без присадки; *2—4* — 1,0, 1,5 и 2,0% присадки

сов. Наибольшее распространение в качестве противоизносной присадки для массовых сортов гидравлических масел получили диалкилдитиофосфаты металлов (в основном, цинка) или их «беззольные» варианты (аминные соли и сложные эфиры дитиофосфорной кислоты). Влияние концентрации такой присадки на противоизносные свойства средневязкого гидравлического масла МГЕ-46В показано на рис. 51. Результаты получены на шестеренном стенде при различных ступенях нагрузок. За показатель износа принята потеря массы шестерен в мг.

Система обозначений рабочих жидкостей

Рабочие жидкости для гидравлических систем подразделяют на нефтяные, синтетические и водно-гликолевые. По назначению их делят в соответствии с областью применения:

для летательных аппаратов, мобильной наземной, речной и морской техники;

для гидротормозных и амортизаторных устройств различных машин;

для гидроприводов, гидропередач и циркуляционных масляных систем различных агрегатов, машин и механизмов, составляющих оборудование промышленных предприятий.

В данной главе рассматриваются рабочие жидкости для гидравлических систем мобильной техники, обозначенные ГОСТ 17479.3—85 как гидравлические масла, а также некоторые наиболее распространенные гидротормозные и амортизаторные жидкости на нефтяной и синтетической основе. Рабочие жидкости для гидравлических систем промышленного оборудования рассматриваются в главе 5.

Действующий ассортимент нефтяных рабочих жидкостей для гидравлических систем охватывает свыше 20 гидравлических масел, которые в зависимости от эксплуатационных свойств подразделяют на группы А, Б и В.

Группа А — нефтяные гидравлические масла без присадок, применяемые в малонапряженных гидравлических системах с шестеренными и поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и максимальной температуре масла в объеме полостей системы до 80 °С;

Группа Б — нефтяные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками, предназначенные для средненапряженных гидравлических систем с различными насосами, работающими при давлениях до 25 МПа и температуре масла в объеме ≥80 °С;

Группа В — хорошо очищенные нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками, предназначенные для использования в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла в объеме более 90 °С.

В масла всех трех групп могут вводиться загущающие (вязкостные) и антипенные присадки.

По показателям вязкости при 40 °С ГОСТ 17479.3—85 (аналогично международной вязкостной градации масел ISO) предусматривает деление гидравлических масел на 10 классов вязкости:

Класс вязкости	ν_{40}, мм²/с	Класс вязкости	ν_{40}, мм²/с
5	4,14—5,06	32	28,80—35,20
7	6,12—7,48	46	41,40—50,60
10	9,00—11,00	68	61,20—74,80
15	13,50—16,50	100	90,00—110,00
22	19,80—24,20	150	135,00—165,00

Установлено также соответствие групп отечественных гидравлических масел классификационным группам ISO 6074/4-1982 (E): А → HH, Б → HL, В → HM. Загущенные вязкостными присадками масла группы В соответствуют классификационной группе ISO «HV».

Система обозначений гидравлических масел предусматривает буквенные знаки МГ — минеральное гидравлическое, далее указывают класс вязкости и, наконец, принадлежность к одной из трех групп по эксплуатационным свойствам (А, Б, В). Например, гидравлическое масло МГ-15Б означает: масло минеральное гидравлическое, класс вязкости 15 (ν_{40}=13,50...16,50 мм²/с), по эксплуатационным свойствам относится к группе Б (т. е. содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и может применяться в гидравлических системах со средненапряженным режимом работы).

Соответствие продуктов действующего ассортимента гидравлических масел нефтяного происхождения, выпускаемых нефтеперерабатывающими предприятиями по разным нормативно-техническим документациям и по ГОСТ 17479.3—85, приведено в табл. 3.11. По уровню вязкости гидравлические масла обычно ранжируют на маловязкие, средневязкие и вязкие.

Большинство элементов гидравлической системы смазываются рабочей жидкостью в гидродинамическом режиме, поэтому вязкость имеет доминирующее значение для определения уровня смазочной способности жидкости. Однако при подборе гидравлической жидкости с бóльшей вязкостью необходимо учитывать,

Таблица 3.11. Обозначение гидравлических масел

Обозначение по ГОСТ 17479.3—85	Существующее обозначение	Действующая НДТ
МГ-22-А	АУ	ГОСТ 1642—75, ТУ 38 101586—75
МГ-32-А	ЭШ	ГОСТ 10363—78
МГ-32-А	Масло для механизмов опрокидывания вагонов-самосвалов	ОСТ 38 01150—78
МГ-5-Б	МГЕ-4А	ОСТ 38 01281—82
МГ-5-Б	ЛЗ-МГ-2	ТУ 38 101328—81
МГ-7-Б	РМ	ГОСТ 15819—70
МГ-10-Б	РМЦ	ГОСТ 15819—70
МГ-15-Б	АМГ-10	ГОСТ 6794—75
МГ-22-Б	АУП	ОСТ 38 01364—84
МГ-46-Б	МГ-30	ТУ 38 10150—79
МГ-15-Б	ГЖД-14С	ТУ 38 101252—72
МГ-15-В	ВМГЗ	ТУ 38 101479—74
МГ-15-В	МГЕ-10А	ОСТ 38 01281—82
МГ-22-В	Р	ТУ 38 101179—71
МГ-46-В	МГЕ-46В	ТУ 38 001347—83

что использование такой жидкости неминуемо ведет к излишним затратам энергии на преодоление сопротивления, создаваемого пленкой масла движению одной поверхности трения по отношению к другой. Исходя из этих противоположных моментов подбор гидравлической жидкости по уровню вязкости всегда представляется компромиссным.

Следует учитывать также, что в последние годы по мере интенсификации гидравлических приводов возросли и эксплуатационные температуры рабочих жидкостей. Чаще всего в летнее время рабочие температуры жидкости достигают 70—90 °С, а в агрегатах гидравлической системы с большими скоростями и высоким давлением температура может достигать 110—120 °С.

При подборе рабочей жидкости по вязкости для того или иного гидропривода необходимо учитывать также рабочие давления в системе и знать зависимость вязкости рабочей жидкости от давления. Эта зависимость весьма значительна для нефтяных рабочих жидкостей (при давлении около 40 МПа, например, вязкость практически возрастает более чем вдвое). Примерная зависимость вязкости масла от давления приведена на рис. 52.

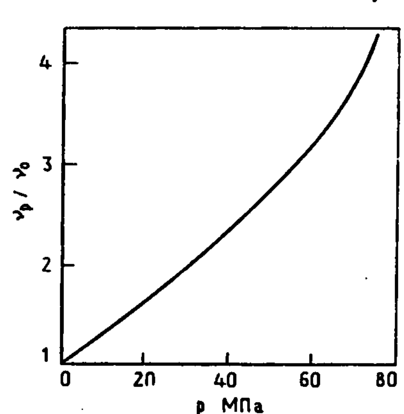


Рис. 52. Зависимость увеличения вязкости смазочных масел ν_p/ν_0 от давления p при комнатной температуре

Ассортимент и свойства рабочих жидкостей

Маловязкие жидкости для гидравлических систем мобильной техники (табл. 3.12—3.14)

Масло гидравлическое МГЕ-4А (ОСТ 38 01281—82) — представляет собой глубокоочищенную легкую фракцию малопарафинистой нефти, загущенную вязкостной присадкой и содержащую ингибиторы окисления и коррозии. Отличается исключительно хорошими низкотемпературными свойствами, что определяет пределы его надежного применения в гидравлических системах в особо холодных условиях эксплуатации, включая экстремальные условия Арктики. Стабильность раствора присадок в масле проверяется в жестких условиях (до минус 50 °С).

Таблица 3.12. Характеристики низкозастывающих гидравлических масел МГЕ-4А, МГЕ-10А и АМГ-10

Показатель	МГЕ-4А	МГЕ-10А	АМГ-10
Внешний вид	Прозрачная жидкость		
Цвет	От желтого до светло-коричневого		Красный
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 50 °С, не менее	3,6	10,0	10,0
при минус 50 °С, не более	300	1500	1250
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	94	96	93
застывания, не выше	—70	—70	—70
Кислотное число, мг КОН/г	0,4—0,7	0,4—0,7	⩽0,03
Стабильность против окисления, показатели после окисления:			
ν_{50}, мм²/с	—	—	⩾9,8
ν_{-50}, мм²/с	—	—	⩽1500
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,15	0,15	0,08
содержание осадка	Отсутствие		—
Содержание, %:			
механических примесей	Отсутствие		⩽0,003
воды	Отсутствие		
Изменение массы резины марки УИМ-1 в масле, %	3,0—7,0	5,5—7,5	—
Испытание на коррозию	Выдерживает		
Испытание на стабильность присадок в масле	Выдерживает		
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	—	860	850

Таблица 3.13. Характеристики масел РМ, РМЦ и ЛЗ-МГ-2

Показатель	РМ	РМЦ	ЛЗ-МГ-2
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 50 °С	3,8—4,2	⩾8,3	⩾4,0
при —40 (50) °С, не более	350	915	(210)
Температура, °С:			
застывания, не выше	—60	—60	—70
помутнения, не выше	—50	—50	—
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	125	125	(92)
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,03
Стабильность масла против окислении, показатели после окисления:			
осадок, %, не более	0,05	0,05	0,01
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,1	0,1	0,2
Зольность, %, не более	0,005	0,005	—
Испытание на коррозию (3 ч, 100 °С) на пластинках из различных металлов	Выдерживает		
Содержание:			
механических примесей, воды	Отсутствие		
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	845	845	840

Таблица 3.14. Характеристики масел ВМГЗ и ГТ-50

Показатель	ВМГЗ		ГТ-50
	высшей категории	первой категории	
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 50 °С	⩾10	⩾10	11—14
при —40 °С	⩽1500	⩽1600	—
Индекс вязкости, не менее	160	130	80
Кислотное число масла без присадок, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	2,0
Стабильность против окисления, содержание осадка после окисления, %, не более	0,05	0,05	0,03
Зольность, %, не более	0,2	0,2	—
Содержание водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие		
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	135	165
застывания, не выше	—60	—60	—28
Испытание на коррозию	Выдерживает		
Изменение массы резины после воздействия масла (72 ч, 80 °С), %	4,0—7,5	4,0—7,5	⩽6,5 (125 °С)
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	865	865	870
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	2,0	3,5

Масло МГЕ-10А (ОСТ 38 01281—82) вырабатывают на основе глубокодеароматизированной низкозастывающей маловязкой нефтяной фракции. Содержит загущающую (вязкостную), антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки. В основе масла жестко нормируется вязкость при минус 50 °С, температура застывания и анилиновая точка. Предназначено для гидравлических систем машин и механизмов, работающих в диапазоне температур от минус 60—65 °С до плюс 70—75 °С. Оптимальные температуры работы для масла 35—50 °С.

Масло АМГ-10 (ГОСТ 6794—75) — рабочая жидкость для гидравлических устройств авиационной и наземной техники, эксплуатируемой в интервале температур окружающей среды —60 ... +55 °С. Вырабатывают на основе глубокодеароматизированных низкозастывающих керосино-лигроиновых нефтяных фракций, состоящих в основном из нафтеновых и изопарафиновых углеводородов. Постоянство химического состава (групп углеводородов) жестко регламентируется сырьем и технологией очистки основы. Оценка основы проводится по стандарту предприятия-изготовителя, в котором установлены предельные показатели низкотемпературной вязкости, температуры застывания и вспышки, анилиновая точка. В состав масла входят загущающая (вязкостная) присадка, антиокислитель и органический краситель.

Масло ЛЗ-МГ-2 (ТУ 38 101328—81) наиболее близкий к маслу МГЕ-4А продукт, получаемый вторичной перегонкой очищенной керосиновой фракции низкозастывающей нефти нафтенового основания с добавлением загущающей (вязкостной) и антиокислительной присадок. Как и МГЕ-4А, обладает хорошими низкотемпературными свойствами. Применяют в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем автоматического управления, обеспечивающих быстрый запуск техники в работу при низких температурах (до минус 60—65 °С).

Масло РМ (ГОСТ 15819—70) — глубокоочищенная дистиллятная фракция низкозастывающей нефти нафтенового основания, содержащая антиокислительную присадку (ароматический амин). По уровню вязкости при 50 °С близко к маслам МГЕ-4А и ЛЗ-МГ-2. Однако в отличие от них не содержит загущающей (вязкостной) присадки, поэтому обладает менее пологой вязкостно-температурной кривой (предельная вязкость при —40 °С равна 350 мм²·с⁻¹) и температурой застывания — 60 °С. Отсюда и температурный диапазон применения в гидравлических системах несколько отличен — масло работоспособно в условиях окружающей среды от минус 40 до плюс 55 °С.

Масло гидравлическое РМЦ (ГОСТ 15819—70) вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенового основания. По фракционному составу, температурам вспышки и застывания, вязкостным показателям основа масла такая же, как и масла РМ.

В отличие от последнего содержит вязкостную загущающую полимерную присадку (высокомолекулярный полиизобутен).

Масло гидравлическое ЛЗ-ГА-1 (ТУ 38 30162—73) — рабочая жидкость для гидравлических систем запорной арматуры магистральных газопроводов, работоспособная в диапазоне температур —60... +60 °С. Вырабатывают на основе глубокоочищенной узкой фракции уникальной малопарафинистой нефти нафтенового основания (фракция 230—270 °С). Содержит композицию присадок — вязкостную, антиокислительную и ингибитор ржавления.

Масло МЗ-52 (ГОСТ 21748—76) — легкая и узкая глубокоочищенная фракция беспарафинистой малосернистой нефти нафтенового основания. Характеризуется малой вязкостью при низких температурах. Применяют в спиральных потенциометрах типа ПСМ-18 в качестве рабочей жидкости.

Характеристика масла МЗ-52:

Вязкость кинематическая, мм²/с		Температура вспышки в закрытом тигле, °С	≥78
при 20 °С	≥3,3	Цвет, ед. ЦНТ	≥0,5
при —40 °С	≤46		

Масло гидравлическое ВМГЗ (ТУ 38 101479—85) — глубокоочищенная маловязкая низкозастывающая нефтяная основа, загущенная вязкостной полимерной присадкой. Функциональные свойства масла улучшены также противоизносной, антиокислительной, антикоррозионной, антипенной и депрессорной присадками. Качество основы регламентируется стандартом предприятия-изготовителя, которым установлены жесткие требования по низкотемпературной вязкости, температуре вспышки и температуре застывания. Предназначено в качестве рабочей жидкости систем гидропривода и гидроуправления строительных дорожных, лесозаготовительных, подъемно-транспортных и других машин, эксплуатируемых на открытом воздухе при рабочих температурах масла в объеме в зависимости от типа гидравлического насоса от минус 50 до минус 70 °С. Рекомендуется для условий севера как всесезонное, а для районов средней полосы с умеренным климатом — как зимний сорт.

Масло ГТ-50 для гидродинамических передач тепловозов (ТУ 38 101487—80) — глубокоочищенное маловязкое низкозастывающее нефтяное масло, в состав которого для улучшения антиокислительных, противоизносных и антипенных свойств введены функциональные присадки. Применяют для смазывания турборедуктора гидропередачи тепловозов. Обладает хорошими вязкостно-температурными свойствами и термоокислительной стабильностью до 120 °С.

Средневязкие гидравлические масла (табл. 3.15 и 3.16)

Масло веретенное АУ — хорошо очищенное нефтяное масло без присадок. Вырабатывают сернокислотной очисткой из малопарафинистых нефтей нафтенового основания. Это масло по ОСТ 38 01412—86 имеет низкую температуру застывания без использования при его производстве процесса депарафинизации. В силу высокого содержания нафтеновых углеводородов имеет низкий индекс вязкости. Масло АУ из малосернистых и сернистых парафинистых нефтей получают в процессах глубокой селективной очистки фенолом и глубокой депарафинизации. Применяют в гидравлических системах различных машин и механизмов в качестве рабочей жидкости. Обеспечивает работоспособность гидроприводов в диапазоне температур от минус 30—35 до плюс 90—100 °С (кратковременно до 125 °С).

Масло гидравлическое АУП (ОСТ 38 01364—84) вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенового основания глубокой сернокислотной очисткой. Содержит эффективные присадки против коррозии и окисления. Применяют в качестве рабочей жидкости в гидроприводах палубной техники морского транспорта, а также в качестве смазочного материала для узлов трения в различных агрегатах и механизмах корабельной техники.

Таблица 3.15. Характеристики гидравлических масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Масла АУ из нефтей			Масло АУП
	беспарафинистых	малосернистых	сернистых	
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 20 °С, не более	49	49	49	—
при 40 °С	[*]	[*]	[*]	16—20
при 50 °С	12—14	12—14	12—14	—
при —40 °С, не более	[*]	14 000	13 000	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,07	0,07	0,05	0,45—1,0
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005	—
Испытание на коррозию пластинок из стали марок 40, 45 или 50	Выдерживает			
Содержание:				
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
механических примесей и воды	Отсутствие			
Цвет, ед. ЦНТ	≤2,5	—	—	—
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	163	165	165	145
застывания, не выше	—45	—45	—45	—45
Плотность при 20 °С, кг/м³	884—894	≤890	≤890	—
Содержание серы, %, не более	—	0,3	1,0	—

Таблица 3.16. Характеристики масел ЭШ и для механизмов наклона кузова вагонов-самосвалов

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Масло ЭШ	Масло для механизмов наклона кузова вагонов-самосвалов	
		марка А	марка З
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	≥20,0	18,5—20,5	18,5—20,5
Индекс вязкости	≥135	[*]	[*]
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,1	—	—
Содержание:			
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	—
механических примесей	Отсутствие		
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	160	135	135
застывания, не выше	—50*	—50	—45
Испытание на коррозию	Выдерживает		
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	4,0	3,0
Плотность при 20 °С, кг/м³	850—880	[*]	905

* Для умеренной, теплой, влажной и жаркой климатических зон допускается вырабатывать масло с температурой застывания не выше —45 °С.

Работоспособно в температурном диапазоне —35 ... +100 °С, оптимальная рабочая температура 50—60 °С.

Масло ЭШ для гидравлических систем высоконагруженных механизмов (ГОСТ 10363—78) — хорошо очищенная и глубоко-депарафинизированная фракция, в состав которой введена загущающая полимерная и депрессорная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах шагающих экскаваторов и других аналогичных машин. Работоспособно при давлении до 15 МПа и интервале температур —45 ... +80÷÷100 °С.

Масло для механизмов наклона кузова вагонов-самосвалов (ОСТ 38 01150—78) — дистиллятное масло сернокислотной очистки из малопарафинистой нефти нафтенового основания, загущенное полимерной вязкостной присадкой. Вырабатывают масла марки А — арктическое и марки З — зимнее или всесезонное для умеренной климатической зоны. Применяют в гидравлических механизмах наклона кузовов вагонов-самосвалов и других транспортных машин, имеющих гидравлические системы подъема и опрокидывания кузовов. Марка А работоспособна в условиях температуры окружающей среды до минус 45 °С, марка З — до минус 40 °С.

Вязкие гидравлические масла (табл. 3.17)

Масла МГ-20, МГ-30 (ТУ 38 10150—79) — нефтяные дистиллятные масла селективной очистки с присадками. Применяют в качестве летних масел для средней полосы и всесезонных для южных районов страны в гидравлических системах строительных, дорожных, подъемно-транспортных и других машин с объемным гидроприводом и гидроуправлением, работающих на открытом воздухе при рабочей температуре —20 ... +75 °С (в объеме масла) в зависимости от типа применяемого насоса, а также в гидравлических системах металлорежущих станков, прессового оборудования и другом промышленном гидравлическом оборудовании.

Содержат ≥0,2% присадки антиокислительной 4-метил-2,6-ди-*трет*-бутилфенол технический, ≥1,0% присадки АФК (или взаимозаменяемой присадки) и ≥0,003% ПМС-200А. Недостатком масел является отсутствие в их составе противоизносных присадок, что значительно сокращает область их применения.

Таблица 3.17. Характеристики вязких гидравлических масел МГ-20, МГ-30, МГЕ-46В и ГЖД-14с

Показатель	МГ-20	МГ-30	МГЕ-46В	ГЖД-14с*
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 100 °С	—	—	≤6,0	≥13
при 50 °С	17—23	27—33	—	82—91
при 40 °С	—	—	41,4—50,6	—
при —15 (0) °С	≤1500	≤4000	(≤1000)	—
Индекс вязкости, не менее	—	85	90	90
Температура, °С:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	190	190	180
застывания, не выше	—40	—30	—30	—22
Стабильность против окисления, показатели после окисления:				
осадок, %, не более	0,05	0,01	0,05	—
изменение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,9	0,3	0,15	—
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие			
Испытание на коррозию металлов	Выдерживает			
Изменение массы резины УИМ-1 (72 ч, 80 °С), %	2—4	2—4	2—4	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5,5	5,5	—	7,0
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	885	890	890	890

* Внешний вид ГЖД-14 — жидкость темно-коричневого цвета. Определяют визуально в проходящем свете пробы жидкости в стеклянной бесцветной пробирке диаметром 20 мм.

Масло МГЕ-46В (ТУ 38 001347—83) для гидрообъемных передач изготавливают на базе селективноочищенных индустриальных масел с антиокислительной, противоизносной, депрессорной и антипенной присадками. Характеризуется высокой стабильностью вязкостных свойств, обладает хорошими противоизносными показателями, длительно работоспособно при температурах от минус 10 до плюс 80 °С. Применяют в гидравлических системах сельскохозяйственной и другой техники, работающей при давлении до 35 МПа с кратковременным повышением до 42 МПа. В гидроприводах с аксиально-поршневыми машинами рекомендуемый срок службы до 2000 ч.

Гидравлическая жидкость ГЖД-14с (ТУ 38 101252—72) — смесь глубоко очищенных остаточного и дистиллятного масел из сернистых нефтей. Для улучшения эксплуатационных свойств в масло вводят антиокислительную, антикоррозионную и антипенную присадки. Применяют в основных гидравлических системах винтов регулируемого шага судов.

Основа 1/6 (ТУ 38 101257—72) для производства специальных масел — маловязкая высокоочищенная дистиллятная фракция малосернистых или сернистых нефтей. Применяют в качестве базового компонента ряда гидравлических жидкостей (например, ВМГЗ и др.). Выпускают основу 1/6 трех марок (табл. 3.18):

основа 1/6 — из маловязкого низкозастывающего дистиллята балаханской масляной нефти;

основа 1/6-С — из маловязкого глубоко депарафинированного дистиллята сернистых нефтей глубокой адсорбционной очистки;

основа 1/6-СН — из маловязкого депарафинированного дистиллята сернистых нефтей неглубокой адсорбционной очистки.

Синтетические и полусинтетические гидравлические масла (табл. 3.19, 3.20)

Наряду с широко распространенными рабочими жидкостями на нефтяной основе в последние годы все большее применение находят синтетические и полусинтетические продукты, выгодно отличающиеся от нефтяных по комплексу эксплуатационных свойств, а также огнестойкостью и бóльшей пожаробезопасностью. Такие рабочие жидкости используют в авиационной технике, в гидравлических приводах шахтного оборудования, в гидравлических системах «горячих» цехов металлургических заводов и ряде других областей.

Негорючие гидравлические жидкости достаточно подробно рассмотрены в справочнике «Негорючие теплоносители и гидравлические жидкости. Свойства, коррозия, технология» (под редакцией А. М. Сухотина. Л.: Химия, 1979, 360 с). Здесь приво-

Таблица 3.18. Характеристики основы 1/6

Показатель	Основа 1/6	Основа 1/6 — С	Основа* 1/6 — СН
Внешний вид	Прозрачная бесцветная жидкость		
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 50 °С	4,0—4,3	≥4,0	≥3,6
при —40 °С	≤430	≤430	≤650
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,05
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	135	130	125
застывания, не выше	—60	—54	—52
Содержание, %:			
серы, не более	—	0,45	0,65
механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		
Анилиновая точка, °С, не менее	—	74	71
Фракционный состав, °С:			
н. к., не ниже	270	270	265
50% (об.)	290—300	300—305	≤300
90% (об.)	314—320	315—330	≤310
98% (об.), не более	340	340	350
Испытание на медной пластинке (70±2 °С, 24 ч)	Выдерживает		

* При применении в качестве загустителя присадки полиметакрилата «В» допускается повышение температуры застывания до минус 50 °С.

дятся отдельные синтетические и полусинтетические продукты, не вошедшие в этот справочник.

Масла 132-10 и 132-10Д (ГОСТ 18613—73) — полусинтетические гидравлические жидкости, представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и нефтяного маловязкого низкозастывающего масла МВП, вырабатываемого из уникальных малопарафинистых нефтей нафтенового основания. Указанные смесевые жидкости выпускают под индексом ВПС. Масло 132-10 предназначено для работы в гидравлических системах в интервале —70 ... +100 °С, масло 132-10Д — для работы в электрически изолированных системах также в интервале —70 ... +100 °С.

Масло 7-50с-3 (ГОСТ 20734—75) — синтетическая жидкость, предназначенная для применения в различных гидравлических агрегатах и в гидравлических системах в диапазоне температур —60 ... +170 °С (кратковременно до 200 °С); рабочие давления до 21 МПа. Изготавливают из смеси полисилоксановой жидкости и органического эфира с добавлением противоизносной присадки и ингибиторов окисления.

Масло НГЖ-4 (ТУ 38 101740—80) — синтетическая взрывопожаробезопасная рабочая жидкость для гидравлических си-

стем. Представляет собой эфир фосфорной кислоты с композицией присадок — вязкостной, антиокислительной и антикоррозионной. Применяют в устройствах и механизмах, работающих в диапазоне температур —55... +125 °С.

Жидкость НГЖ-4 имеет температуру самовоспламенения 650—670 °С, медленно горит в пламени, не поддерживает горения и не распространяет пламя в отличие от нефтяных гидравлических жидкостей типа АМГ-10. Является хорошим пластификатором и растворителем для многих неметаллических материалов, поэтому при использовании последних в контакте с жидкостью НГЖ-4 следует тщательно проверять их совместимость или пользоваться только теми материалами, которые специально подобраны и рекомендованы для этой рабочей жидкости.

Таблица 3.19. Характеристики гидравлических масел 132-10, 132-10Д, 70-50с-3 и НГЖ-4

Показатель	132-10, 132-10Д	70-50с-3	НГЖ-4
Внешний вид	Прозрачная жидкость		
Цвет	—	Желтый	От фиолетового до синего
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 200 °С	—	⩾1,3	—
при 20 °С	20—33	⩾22	—
при 50 °С	⩾10	—	⩾8,7
при —55 °С	⩽1100	⩽4200 (—60 °С)	⩽3900
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	130	200	165
застывания, не выше	—70	—70	—65
Содержание, %:			
механических примесей	Отсутствие	⩽0,002	Отсутствие
воды	Отсутствие		⩽0,1
водорастворимых кислот и щелочей	—	Отсутствие	
Плотность при 20 °С, кг/м³	—	930—940	1060—1080
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,1	0,08

Примечания.

1. Для масла 132-10Д нормируют электрофизические показатели при 15—35 °С и относительной влажности 45—75%: удельное объемное электрическое сопротивление >5,0·10¹² Ом·см, тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 3 МГц <0,001, диэлектрическая проницаемость при 3 МГц <3,0.

2. Термоокислительную стабильность и коррозионную активность масла 70-50с-3 оценивают при 200 °С (30 ч), а НГЖ-4 — при 100 °С (100 ч) соответственно. Показатели после окисления:

	70-50с-3	НГЖ-4
ν_{20}, мм²/с	⩽26	—
ν_{50}, мм²/с	—	⩽10,5
ν_{200}, мм²/с	⩽1,5	—
ν_{-60}, мм²/с	⩽4500	⩽4500(—55 °С)
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,8	0,15
Коррозия поверхности металла, г/м², не более	±1,0	±1,0

Таблица 3.20. Характеристики рабочих жидкостей для микрокриогенной техники

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	СМ-028	ВРЖ-1-1
Внешний вид	Прозрачная жидкость	
Цвет	Желто-коричневый с красно-фиолетовым оттенком	Коричневый
Вязкость кинематическая, мм²/с:		
при 100 (200) °С	⩾11,0	(⩾2,5)
при 20 °С	⩾190,0	⩽55,0
при —40 °С	—	[*]
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	250
застывания, не выше	—32	—80
Содержание:		
воды, %, не более	0,05	Отсутствие
водорастворимых кислот и щелочей	—	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	
Щелочное (кислотное) число, мг КОН/г, не более	0,75	(0,15)
Испаряемость (200 °С, в течение 20 ч при барботаже азота), %	—	⩽1
Коррозионная стойкость металлов*, г/м², не более	1,0	1,0

* Испытуемый металл — сплав Д-16 Бра Ж9/4, медь М-1, сталь 30ХГСА; условия испытания: 150 °С и 10 ч — в среде М-28, 200 °С и 100 ч — в среде ВРЖ-1-1.

Масло СМ-028 (ТУ 38 1011056—86) — синтетическая жидкость на основе полигликолей с антиокислительной присадкой, предназначена для эксплуатации в микрокриогенных системах.

Масло ВРЖ-1-1 (ТУ 38 101923—82) — синтетическая высококипящая жидкость на основе олигоорганосилоксанов с антиокислительной присадкой. Предназначена для использования в микрокриогенных установках, работоспособна в интервале температур —40... +180 °С.

Тормозные и амортизаторные жидкости

Тормозные и амортизаторные жидкости (табл. 3.21 и 3.22) являются особой группой жидких рабочих сред для гидравлических систем. Первые из них предназначаются в качестве рабочей жидкости гидропривода тормозной системы автомобилей, вторые — в качестве жидкой среды в телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторах автомобилей.

Тормозные жидкости должны отличаться хорошими вязкостно-температурными и смазочными свойствами, обладать физической и химической стабильностью, а также быть инертными по отношению к металлам и особенно к резиновым и другим уплотнительным материалам деталей гидропривода тормозной системы.

Основные тормозные жидкости получают на базе растительных масел (чаще всего — касторового) или гликолей (двухатомных спиртов). В случае использования растительных масел вторым компонентом обычно является один из жирных спиртов, как правило, бутанол. Стремление к экономии натуральных жиров ведет к снижению в некоторых рецептурах доли касторового масла. В целях сохранения необходимого уровня вязкости изъятие части касторового масла компенсируют введением загущающих вязкостных присадок (например, винипола). Широко распространенными тормозными жидкостями являются смесевые продукты БСК, ГТЖ-22, ГТЖ-22М, «Нева», «Томь».

Одной из наиболее важных и отличительных характеристик тормозных жидкостей, применяемых всесезонно, является показатель морозостойкости (или стабильности на холоде). По этому показателю регламентируют выдержку тормозной жидкости в течение определенного времени и при определенной низкой температуре без заметного расслоения (температура и время выдержки, как правило, указаны в ТУ на товарный продукт).

Таблица 3.21. Характеристики амортизаторных жидкостей АЖ-12Т, АЖ-170 и МГП-10

Показатель	АЖ-12Т*	МГП-10	АЖ-170
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 50 °С	≥12,0	≥10,0	170—180
при 100 °С	≥3,6	—	—
при —20 (—40) °С	(≤6500)	≤1000	—
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	165	145	245
застывания, не выше	—52	—40	—60
Плотность при 20 °С, кг/м³	—	930	980—1020
Стабильность против окисления:			
осадок после окисления, %	Отсутствие	—	—
кислотное число до (после) окисления, мг КОН/г, не более	0,04(0,1)	—	0,05
Содержание механических примесей и воды, %		Отсутствие	
Испытание на коррозию		Выдерживает	

* Прозрачная жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета. Нормируют также: сопротивление набуханию резины марки ИРП-100 — ±2,0%; противоизносные и противозадирные свойства на ЧШМ — $И_з > 28$, $P_{св} > 1196$ Н, $P_к > 617$ Н, $D_п < 1{,}0$ мм (196 Н, 1 ч); испаряемость при 100 °С <0,1%.

Таблица 3.22. Характеристики тормозных жидкостей

Показатель	«Томь»	«Нева»	«Роса»	БСК
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость от светло-желтого до темно-желтого цвета, без осадка. Допускается слабая опалесценция			
Кинематическая вязкость, мм²/с:				
при 50 °С, не менее	5,0	5,0	5,0	9,0
при 100 °С, не менее	2,0	2,0	2,0	5,5(70 °С)
при —40 °С, не более	1500	1500	1700	130(0 °С)
Низкотемпературные свойства: внешний вид после выдержки (6 ч, —50 °С)	Прозрачная жидкость без расслоения и осадка			
Время прохождения пузырька воздуха через слой жидкости при опрокидывании сосуда, с, не более	35	35	20	—
Температура кипения, °С, не ниже	205	190	260	115
Содержание механических примесей, %		Отсутствие		
pH	7,0—11,5	7—11,5	7,0—11,5	≥6
Взаимодействие с металлами: изменение массы пластинок, мг/см², не более:				
белая жесть	0,1	0,2	0,2	0,2
сталь 10	0,1	0,2	0,2	0,2
алюминиевый сплав Д-16	0,1	0,1	0,1	0,1
чугун СЧ 18-36	0,1	0,2	0,2	0,2
латунь Л-62	0,4	0,5	0,4	0,4
медь М-1	0,4	0,5	0,4	0,4
Воздействие на резину, %:				
изменение объема резины марки 7-2462 при 70 °С	2—10	2—10	—	5—10
то же, марки 51-1524 при 120 °С	2—10	2—10	—	—
изменение предела прочности резины марки 51-1524, %, не более	20	25	—	—

Большее применение нашли тормозные жидкости на основе двухатомных спиртов — гликолевые смеси. Наиболее известные из них ГТЖ-22 (ТУ 6-01814—73) и аналогичный продукт с комплексом ряда функциональных присадок (антикоррозионных и противоизносных) ГТЖ-22М.

Жидкость ГТЖ-22 имеет характерный зеленый цвет, плотность 1100—1110 кг/м³ и температуру застывания не выше —65 °С; хорошо растворяется в воде, ядовита.

Жидкость амортизаторная АЖ-12Т (ГОСТ 23008—78) — смесь нефтяного масла глубокой селективной очистки из сернистого сырья и полиэтилсилоксановой жидкости с противоизносной и антиокислительной присадками. Применяют в качестве

рабочей жидкости в телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторах автомобилей.

Жидкость амортизаторная МГП (ОСТ 38 154—74) — стабильная смесь маловязкого низкозастывающего нефтяного масла и синтетической жидкости № 7 (полиэтилсилоксановой), в которую для улучшения эксплуатационных свойств введены: осерненный кашалотовый жир, полимерная депрессорная, а также антиокислительная и антипенная присадки. Применяют в качестве рабочей жидкости в гидравлических системах телескопических и рычажно-кулачковых амортизаторов автомобилей.

Амортизаторная жидкость АЖ-170 — композиция полиэтилсилоксанов с хорошо очищенным нефтяным маслом. Применяют в гидравлических амортизаторах и других агрегатах, работающих в интервале температур —60 ... +130 °С.

Жидкость тормозная «Нева» (ТУ 6-01-1163—78) — сложная композиция на основе этилкарбитола с добавлением присадок, вязкостной (загущающей) и антикоррозионной. Токсична и огнеопасна. Предназначена в качестве рабочей среды для гидравлической системы привода тормозов и сцеплений автомобилей всех марок, кроме ГАЗ-24 при температуре окружающего воздуха —50 ... +50 °С.

Жидкость тормозная «Томь» (ТУ 6-01-1276—82) состоит из этилкарбитола, боратов, вязкостной и антикоррозионной присадок. Назначение такое же, как и жидкости «Нева».

Жидкость тормозная «Роса» (ТУ 6-05-221-569—84) — высокотемпературная гидротормозная жидкость, представляющая собой композицию на основе борсодержащих олигомеров алкиленоксидов, в которую введены антиокислительная и антикоррозионная присадки. Используют в тормозных гидравлических системах различных автомобилей в диапазоне температур окружающей среды —50 ... +50 °С.

Гидротормозная жидкость БСК (ТУ 6-101533—75) — смесь равных частей касторового масла и бутанола. За счет органического красителя окрашена в оранжево-красный цвет. Применяют для гидропривода тормозных систем и сцеплений грузовых и легковых автомобилей, кроме автомобиля «Жигули». Рекомендована для эксплуатационных условий с температурами не ниже минус 20 °С, т. е. в зонах умеренного климата.

В таком же относительно узком температурном диапазоне и также ограниченно могут применяться другие гидротормозные жидкости на основе касторового масла: АСК — с изопентанолом и ЭСК — с этанолом.

Глава 4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МАСЛА

В группу энергетических масел в Советском Союзе принято включать турбинные, электроизоляционные и компрессорные масла.

ТУРБИННЫЕ МАСЛА

Турбинные масла предназначены для смазывания и охлаждения подшипников различных турбоагрегатов: паровых и газовых турбин, гидротурбин, турбокомпрессорных машин. Эти же масла используют в качестве рабочих жидкостей в системах регулирования турбоагрегатов, а также в циркуляционных и гидравлических системах различных промышленных механизмов.

Общие требования и свойства

Турбинные масла должны обладать хорошей стабильностью против окисления, не выделять при длительной работе осадков, не образовывать стойкой эмульсии с водой, которая может проникать в систему смазки при эксплуатации, защищать поверхность стальных деталей от коррозионного воздействия. Перечисленные эксплуатационные свойства достигаются использованием высококачественных нефтей, применением глубокой очистки при переработке и введением композиций присадок, улучшающих антиокислительные, деэмульгирующие, антикоррозионные, а в некоторых случаях и противоизносные свойства масел.

В соответствии с существующими правилами и техническими инструкциями качество турбинных масел в период их работы должно удовлетворять следующим требованиям:

	Масла для паровых турбин	Масла для гидротурбин
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,6
Реакция водной вытяжки	Нейтральная (для масла $Т_{22}$)	Нейтральная
Содержание водорастворимых кислот, мг КОН/г, не более	0,03 (для масла Тп-22с)	—
Визуальное определение шлама, воды и механических примесей	Отсутствие	

Масла $Т_{22}$ и Тп22с, имеющие кислотное число более чем 0,1 мг КОН/г, не должны содержать растворенного шлама (осадка, выделяющегося при разбавлении масла бензином).

Ассортимент турбинных масел

Масла Т$_{22}$, Т$_{30}$, Т$_{46}$, Т$_{57}$ (ГОСТ 32—74) вырабатывают из высококачественных малосернистых беспарафинистых нефтей путем кислотной очистки с доочисткой землей. Необходимые эксплуатационные свойства масел достигаются выбором сырья и оптимальной глубиной его очистки. Различаются вязкостью и областями применения. Эти масла не содержат присадок.

Масло Т$_{22}$ предназначено для высокооборотных паровых турбин, а также турбокомпрессорных машин, центробежных компрессоров в тех случаях, когда вязкость масла обеспечивает необходимые противоизносные свойства.

Масло Т$_{30}$ используют для гидротурбин, низкооборотных паровых турбин, турбо- и центробежных компрессоров в паре с высокооборотными нагруженными редукторами.

Масло Т$_{46}$ используют главным образом в качестве основы для приготовления турбинного масла с присадкой олеиновая кислота по ТУ 38 101251—72, а также для смазывания некоторых механизмов с циркуляционными системами.

Масло Т$_{57}$ предназначено к применению в судовых установках с тяжелонагруженными редукторами и вспомогательных механизмах.

Характеристики турбинных масел по ГОСТ 32—74 приведены в табл. 4.1.

Масло 46 (ТУ 38 101251—72) — получают на основе масла Т$_{46}$ по ГОСТ 32—74 с введением присадки — олеиновой кислоты, которая предохраняет металлические поверхности от коррозии при попадании в масло воды. Масло предназначено для применения в судовых паротурбинных установках (турбозубчатых агрегатах) и других вспомогательных судовых механизмах с гидроприводами (см. табл. 4.1).

Масло Тп-22с (ТУ 38 101821—83) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением очистки селективным растворителем. Содержит присадки, улучшающие антиокислительные, деэмульгирующие и антикоррозионные свойства. Применяют в тех же механизмах, что и масло Т$_{22}$, когда требуются улучшенные эксплуатационные свойства (см. табл. 4.1).

Масла Тп-30 и Тп-46 (ГОСТ 9972—74) вырабатывают из парафинистых нефтей с применением очистки селективным растворителем. Содержат присадки, улучшающие антиокислительные, антикоррозионные и другие свойства масел. Области применения совпадают с областями применения масла Т$_{30}$ по ГОСТ 32—74 и масла 46 по ТУ 38 101251—72 (см. табл. 4.1).

Масло для судовых газовых турбин (ГОСТ 10289—62) — изготавливают из трансформаторного масла кислотной очистки по ГОСТ 982—80 или селективной очистки по ГОСТ 10121—76 с добавлением противозадирной и антиокислительной присадок.

Таблица 4.1. Характеристики турбинных масел

Показатель	Т$_{22}$	Т$_{30}$	Т$_{46}$	Т$_{57}$	Масло 46	Тп-22с	Тп-30	Тп-46
Вязкость кинематическая, мм²/с при 50 °С	20,0—23,0	28,0—32,0	44,0—48,0	55,0—59,0	43,5—48,0	20,0—23,0	41,4—50,6*	61,2—74,8*
Индекс вязкости, не менее	70	65	60	70	—	90	90	90
Температура, °С:								
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	180	195	195	195	186	190	220
застывания, не выше	—15	—10	—10	—	—10	—15	—10	—10
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,05	0,55	0,10	0,50	0,50
Стабильность против окисления:								
содержание осадка после окисления, %, не более	0,100	0,100	0,100	—	—	Отсутствие	0,005	0,008
кислотное число после окисления, мг КОН/г, не более	0,35	0,35	0,35	—	—	0,10	0,60	0,70
содержание летучих низкомолекулярных кислот, мг КОН/г, не более	—	—	—	—	—	0,02	—	—
Стабильность против окисления в универсальном приборе:								
содержание осадка, %, не более	—	—	—	—	—	—	0,3	0,1
кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	—	—	—	0,40	1,50
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,010	0,030	0,030	0,005	0,005	0,005
Число деэмульсации, с, не более	300	300	300	300	300	180	210	180
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие							
Содержание серы, %, не более	—	—	—	—	—	0,5	1,0	1,1
Натровая проба, оптическая плотность в кювете 10 (20) мм не более	2,0	2,0	2,0	2,0	—	(0,4)	—	—
Коррозия на медных пластинках	Отсутствие					Отсутствие		

* При 40 °С.

Продолжение

Показатель	T_{22}	T_{30}	T_{46}	T_{57}	Масло 46	Тп-22с	Тп-30	Тп-46
Цвет, ед. ЦНТ, ие более	2,0	2,5	3,0	4,5	—	2,5	4,0	5,5
Прозрачность при 0 °С	Прозрачно							
Плотиость при 20 °С, кг/м³, не более	900	900	905	900	—	—	895	895

Примечания.
1. Для масел ТП-22с, Тп-30 и Тп-46 показатели натровая проба, цвет и содержание фенола нормируются в базовых маслах.
2. Окисление по ГОСТ 981—75 проводят в следующих условиях: для масел по ГОСТ 32—74 — 120 °С, 14 ч, расход кислорода 200 см³/мин; для Тп-22с — 130 °С 24 ч, расход O_2 5 дм³/ч; для Тп-30 и Тп-46 — 120 °С, 14 ч, расход O_2 200 см³/мин.
3. Окисление в универсальном приборе по ГОСТ 18136—72 проводят при 130 °С, расходе кислорода 5 дм³/ч в присутствии 3 м медной проволоки d=1,5—1,6 мм при длительности 24 ч для масла Тп-30 и 10 ч для Тп-46.
4. Для Тп-30, Тп-46 и Тп-22с нормируют: отсутствие фенола в базовом масле, механических примесей и коррозии на стальном стержне для товарных масел.

Предназначено для смазки и охлаждения редукторов и подшипников судовых газовых турбин. Характеристика масла приведена в табл. 4.2.

ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА

Изоляционные масла, являясь жидкими диэлектриками, должны обеспечивать изоляцию токонесущих частей электрооборудования (трансформаторов, конденсаторов, кабелей и др.), служить теплоотводящей средой, а также способствовать быстрому гашению электрической дуги в выключателях. К этой группе масел относят трансформаторные, конденсаторные и кабельные масла и масло для выключателей.

Таблица 4.2. Характеристика масла для судовых газовых турбин

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость кинематическая, мм²/с:		Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
при 50 °С	7,0—9,6		
при 20 °С	⩽30		
Кислотное число, мг КОН/г	⩽0,02	Температура, °С:	
		вспышки в закрытом тигле	⩾135
Стабильность, показатели после окисления:		застывания	⩽45
содержание осадка, %	⩽0,2	Натровая проба, оптическая плотность в кювете 10 мм	⩽2
кислотное число, мг КОН/г	⩽0,65		
Зольность, %	⩽0,005	Прозрачность при 5 °С (без присадки)	Прозрачно

Трансформаторные масла

Трансформаторные масла применяют для заливки силовых и измерительных трансформаторов, реакторного оборудования, а также масляных выключателей. В последних аппаратах масла выполняют функции дугогасящей среды.

Общие требования и свойства

Электроизоляционные свойства масел определяются в основном тангенсом угла диэлектрических потерь. В трансформаторных маслах механические примеси и вода должны полностью отсутствовать. Низкая температура застывания масел (—45 °С и ниже) необходима для сохранения их подвижности в условиях низких температур. Для обеспечения эффективного отвода тепла трансформаторные масла должны обладать небольшой вязкостью (верхний предел 9 мм²/с при 50 °С) при температуре вспышки не ниже 135 и 150 °С для разных марок.

Наиболее важное свойство трансформаторных масел — стабильность их против окисления, т. е. способность масла сохранять параметры при длительной работе. В Советском Союзе все сорта применяемых в трансформаторах масел ингибированы антиокислительной присадкой ионол. Эффективность действия присадки основана на ее способности взаимодействовать с активными пероксидными радикалами, которые образуют при цепной реакции окисления углеводородов. Трансформаторные масла, ингибированные ионолом, окисляются, как правило, с ярко выраженным индукционным периодом. Это означает, что в первый период масла, восприимчивые к присадкам, окисляются крайне медленно, так как все зарождающиеся в объеме масла цепи окисления обрываются ингибитором окисления. После истощения присадки масло окисляется со скоростью, близкой к скорости окисления базового масла. Действие присадки тем эффективнее, чем длительнее индукционный период окисления масла, а эффективность определяется углеводородным составом масла и наличием примесей неуглеводородных соединений, промотирующих окисление масла (азотистых оснований, нафтеновых кислот, кислородсодержащих продуктов окисления масла).

На рис. 53 представлены зависимости стабильности против окисления от состава трансформаторных масел (условия окисления в аппарате, регистрирующем количество поглощаемого маслом кислорода: 130 °С, катализатор — медная проволока из расчета 1 см² поверхности на 1 г масла, окисляющий газ — кислород в статических условиях).

Снижение содержания ароматических углеводородов, как и удаление неуглеводородных включений, повышает стабильность ингибированного ионолом трансформаторного масла.

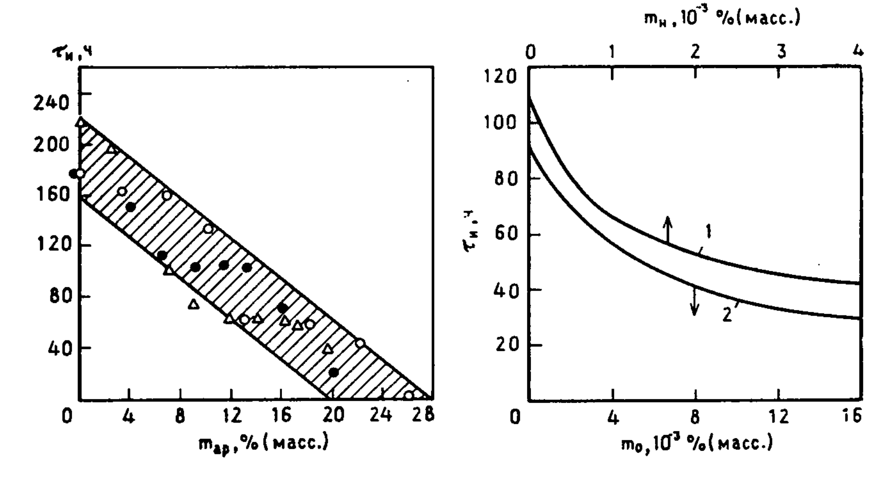


Рис. 53. Зависимость антиокислительной стабильности — индукционного периода окисления $\tau_и$ ингибированных ионолом трансформаторных масел от содержания ароматических углеводородов $m_{ар}$:

○ — анастасьевской нефти; ● — бузовнинской нефти; △ — бакинских парафинистых нефтей

Рис. 54. Зависимость индукционного периода окисления $\tau_и$ трансформаторного масла, содержащего 0,2% ионола и 10% ароматических углеводородов, от содержания нафтеновых кислот (*1*) $m_в$ и азотистых оснований $m_о$ (*2*)

Влияние неуглеводородных включений на стабильность трансформаторного масла показано на рис. 54. Окисление масел носит характер разветвленной цепной реакции, способной к автокаталитическому ускорению. Накапливающиеся в масле продукты окисления способны усиливать цепную реакцию за счет разложения на радикалы (к таким продуктам, например, относятся гидропероксиды) или путем образования растворенных в масле соединений металлов, которые способны катализировать разложение гидропероксидов. При удалении из масла продуктов окисления срок их службы увеличивается во много раз. Этой цели служат адсорберы, заполненные силикагелем, подключаемые к трансформаторам при эксплуатации.

Трансформаторные масла работают в условиях сравнительно «мягких» температур. Как правило, температура верхних слоев масла в трансформаторах даже при кратковременных нагрузках не превышает 95 °С. Трансформаторные масла должны иметь бессменный срок службы 20—25 лет, что достигается:

оборудованием трансформаторов термосифонными фильтрами (адсорберами), обеспечивающими непрерывную регенерацию масел в процессе эксплуатации;

изоляцией масла от контакта с кислородом воздуха с помощью пленочных диафрагм и азотной защиты;

разработкой новых сортов масел с повышенной стабильностью против окисления.

Срок службы трансформаторных масел в значительной мере зависит от использования в оборудовании материалов, совместимых с маслом, т. е. не ускоряющих его старение и не содержащих нежелательных примесей.

Перед заполнением электроаппаратов масло подвергают глубокой термовакуумной обработке. Концентрация воздуха в заливаемом масле не должна превышать 0,1%, а содержание воды 0,001%. При этом показатели пробивного напряжения в зависимости от рабочего напряжения оборудования должны быть равны (кВ):

До 15 (включительно)	30
Свыше 15 до 35 (включительно)	35
От 60 до 220 (включительно)	45
От 330 до 500 (включительно)	55
От 750	65

Непосредственно после заливки масла в оборудование, допустимые значения пробивного напряжения на 5 кВ ниже, чем у масла до заливки. В процессе эксплуатации допускается снижение пробивного напряжения еще на 5 кВ.

В силовые трансформаторы напряжением до 220 кВ включительно после капитального ремонта допускается заливать эксплуатационное трансформаторное масло с кислотным числом не более 0,1 мг КОН/г и тангенсом угла диэлектрических потерь не более 7%. Но оно не должно содержать шлам и механические примеси и должно удовлетворять нормам по содержанию водорастворимых кислот и по пробивному напряжению.

Эксплуатационное трансформаторное масло должно удовлетворять следующим требованиям:

Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,25
Содержание водорастворимых кислот, мг КОН/г, не более:	
для трансформаторов мощностью >630 кВА и для маслонаполненных герметичных вводов	0,014
для негерметичных вводов напряжением до 500 кВ включительно	0,03
для трансформаторов мощностью ⩽630 кВА включительно	Не определяется
Снижение температуры вспышки по сравнению со свежим маслом, °С, не более	5
Тангенс угла диэлектрических потерь при 70 °С, %, не более	7
Растворенный шлам (бензиновая проба) для силовых трансформаторов напряжением ⩾500 кВ при кислотном числе масла ⩽0,15 мг КОН/г	Отсутствие

Согласно действующим правилам технической эксплуатации станций и сетей сорбенты в термосифонных и адсорбционных фильтрах трансформаторов следует заменять при превышении

кислотного числа масла значения 0,1 мг КОН/г, а для трансформаторов мощностью $>$630 кВА при том же кислотном числе или при содержании водорастворимых кислот $>$0,014 кг КОН/г. Содержание влаги в сорбенте перед загрузкой в фильтры не должно превышать 0,5%.

Ассортимент трансформаторных масел

Нефтеперерабатывающая промышленность выпускает шесть сортов трансформаторных масел. Они различаются по используемому сырью и способу получения. Характеристики масел приведены в табл. 4.3.

Масло ТКп (ТУ 38 101890—81) вырабатывают из малосернистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки. Содержит присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование напряжением до 500 кВ включительно.

Масло адсорбционной очистки (ТУ 38 101281—80) получают из малосернистых беспарафинистых нефтей методом адсорбционной очистки в движущемся слое адсорбента. Для повышения стабильности против окисления к маслу добавляют присадку ионол. Рекомеидуемая область применения — оборудоваиие напряжением до 220 кВ включительно.

Масло селективной очистки (ГОСТ 10121—76) производят из сернистых парафинистых нефтей методом фенольной очистки с последующей низкотемпературной депарафинизацией; содержит присадку ионол. Рекомендуемая область применения — оборудование иапряжением до 220 кВ включительно.

Масло Т-750 (ГОСТ 982—80) вырабатывают из малосернистых беспарафинистых нефтей методом кислотио-щелочиой очистки. Содержит присадку ионол и предиазиачено для электрооборудования напряжеиием до 750 кВ включительно.

Масло Т-1500 (ГОСТ 982—80) вырабатывают из малосернистых парафинистых нефтей методом карбамидной депарафинизации с последующей кислотно-щелочной очисткой. Содержит присадку ионол и предназначено для электрооборудования напряжеиием до 1500 кВ.

Масло ГК (ТУ 38 1011025—85) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей с использованием процесса гидрокрекинга. Содержит присадку ионол, обладает высокой стабильностью против окислеиия и рекомеидовано к примеиению в электрооборудовании высших классов напряжений.

Масла для выключателей

Применяемые в выключателях масла выполияют фуикции электроизолирующей и дугогасящей среды. Возникающая при размыкании электродов электрическая дуга приводит к интенсивному крекингу углеводородов масла с образованием газов, обогащен-

Таблица 4.3. Характеристики трансформаторных масел

Показатель	ТКп	Масло адсорбционной очистки, категории качества		Масло селективной очистки	Т-750	Т-1500	ГК
		высшей	первой				
Вязкость кинематическая, мм²/с:							
при 50 °С	⩽9	6,5—9,0	6,5—9,0	⩽9	⩽8	⩽8	9
при 20 °С, не более	—	30	30	28	—	—	—
при —30 °С, не более	1500	1150	—	1300	1600	1100	1200
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,015	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Температура, °С:							
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135	135	135	150	135	135	135
застывания, не выше	—45	—50	—45	—45	—55	—45	—45
Содержание:							
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	—	Отсутствие			
механических примесей	Отсутствие						
фенола	—	—	—	Отсутствие	—	—	—
Стабильность, показатели после окисления, не более:							
содержание осадка, %, не более	0,01	0,005	0,008	Отсутствие			0,015
содержание летучих низкомолекулярных кислот, мг КОН/г	0,005	0,003	0,005	0,005	0,04	0,04	0,04
кислотное число, мг КОН/г, не более	0,10	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20	0,10
Стабильность по методу МЭК, ч, не менее	—	—	—	—	—	—	150
Тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С, %, не более	2,2	0,3	0,5	1,7	0,5	0,5	0,5
Прозрачность при 5 °С	Прозрачно	Прозрачно	(20 °С)	Прозрачно			
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	—	—	—	1,0	1,5	1,0
Зольность, %, не более	—	0,005	0,005	0,005	—	—	—

Продолжение

Показатель	ТКп	Масло адсорбционной очистки, категории качества		Масло селективной очистки	Т-750	Т-1500	ГК
		высшей	первой				
Натровая проба, оптическая плотность в кювете 20 мм, не более	0,4	—	—	0,4	0,4	0,4	—
Коррозия на медной пластинке	Отсутствие	—	—	—	Отсутствие		
Показатель преломления, не более	1,4950	—	—	—	—	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	895	—	—	—	895	885	895

Примечание. Содержание серы в масле селективной очистки — не более 0,6%.

ных водородом. Интенсивный отвод тепла, осуществляемый этими газами, ускоряет гашение дуги. Масла, применяемые в выключателях, должны обладать небольшой вязкостью при рабочих температурах, в противном случае снижается скорость разъединения электродов и чрезмерно повышается давление газов в рабочей камере.

Масло МВ (ТУ 38 101857—80) получают из малосернистых беспарафинистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки. Оно содержит 0,2% ионола и предназначено для применения в выключателях наружной установки, не имеющих подогрева в зимнее время. Характеристика масла приведена в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Характеристика масла для выключателей МВ

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Вязкость кинематическая, мм²/с:		Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
при 50 °С	⩾2		
при —50 °С	⩽140		
Кислотное число, мг КОН/г	⩽0,02	Стабильность, показатели после окисления:	
Температура, °С:		содержание осадка	Отсутствие
вспышки в открытом тигле	⩾94	кислотное число, мг КОН/г	⩽0,1
застывания	⩽—70	Тангенс угла диэлектрических потерь при 90 °С, %	⩽0,5
Коррозия на медных пластинках	Выдерживает		

Конденсаторные масла

Конденсаторные масла применяют для заливки и пропитки изоляции бумажно-масляных конденсаторов, используемых в электро- и радиотехнике. Особенно важны для этих масел хорошие диэлектрические свойства, которые обеспечиваются высоким удельным электрическим сопротивлением и низким тангенсом угла диэлектрических потерь при частотах 50 и 1000 Гц. Существенно важным показателем качества конденсаторных масел является их стабильность против окисления.

Конденсаторные масла в соответствии с ГОСТ 5775—85 вырабатывают двух марок: из малосернистых беспарафинистых нефтей методом кислотно-щелочной очистки и из сернистых парафинистых нефтей методом фенольной очистки и низкотемпературной депарафинизации (это масло содержит присадку — 0,2% ионола). Характеристики масел приведены в табл. 4.5.

Кабельные масла

Кабельные масла служат пропиточной и изолирующей средой в маслонаполненных кабелях. Они должны обладать хорошими диэлектрическими свойствами, которые оценивают низким тангенсом угла диэлектрических потерь и высокой диэлектрической прочностью. Длительная эксплуатация масел без изменения диэлектрических свойств обеспечивается их высокой стабильностью. Характеристики кабельных масел приведены в табл. 4.6.

Масло КМ-25 (ТУ 38 101449—84) получают методом фенольной очистки. Предназначено для варки пропиточных масс силовых кабелей напряжением 1—35 кВ с бумажной изоляцией.

Таблица 4.5. Характеристики конденсаторных масел

Показатель	Масло сернокислотной очистки	Масло фенольной очистки
Плотность при 20 °С, кг/м³		860—865
Вязкость кинематическая, мм²/с, не более:		
при 20 °С	45,0	30,0
при 50 °С	12,0	9,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02
Показатель преломления, не более	—	1,4790
Зольность, %, не более	Отсутствие	0,005
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	135	150
застывания, не выше	—14	—45
Содержание:		
водорастворимых кислот и щелочей механических примесей	Отсутствие	—
серы, %	—	0,7—0,8
фенола	—	Отсутствие

Таблица 4.6. Характеристики кабельных масел

Показатель	КМ-25	С-220	МН-4
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 100 °С	⩾23	⩾11	—
при 50 °С	—	⩾50	⩽10
при 20 °С	—	⩽800	⩽40
при 0 °С		⩽500	⩽110
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	0,02	0,04
Зольность, %, не более	0,007	0,0001	0,005
Температура, °С:			
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	(225)	180	135
застывания, не выше	—10	—30	—45
Содержание			
водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей	Отсутствие		
воды	Следы	Отсутствие	
Натровая проба, баллы, не более	—	—	1
Прозрачность при 5 °С	Прозрачно		
Электрическая прочность (50 Гц, 20 °С) кВ/см, не менее	150	210	180
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С, не более:			
в исходном состоянии	0,01	0,002	0,003
после старения — медь, 300 ч, 120 °С	—	0,009	—
после старения — 96 ч, 115 °С	—	—	0,002
Реакция Настюкова	Отрицательная		

Примечания.
1. Для масла КМ-25 нормируется также: коксуемость ⩽0,6%, прозрачность при 13 °С, удельное объемное электрическое сопротивление (100 В, 100 °С) ⩽$2{,}0 \cdot 10^{12}$ Ом·см.
2. Для масла МН-4 нормируется также: коррозии на медной пластинке (100 °С, 3 ч) - выдерживает; стабильность, показатели после окисления: осадок ⩽0,2%, кислотное число ⩽0,1 мг КОН/г; температура растворения масла в анилине 72 75 °С.

Масло С-220 (ГОСТ 8453—76) применяют для заливки кабелей высокого давления. Масло характеризуется высокой вязкостью, низким значением тангенса угла диэлектрических потерь и высокой стабильностью диэлектрических свойств в процессе старения. Такое сочетание достигается глубокой перколяционной очисткой авиационных масел — до полного удаления ароматических углеводородов. Полноту удаления ароматических углеводородов контролируют формалитовой реакцией (реакция Настюкова).

Масло МН-4 (ТУ 38 101654—76) получают глубокой очисткой дистиллята анастасьевской нефти. Для улучшения стабильности против окисления в масло добавляют присадку ионол. Употребляют для маслонаполненных кабелей низкого и среднего давления, а также для соединительных муфт подпитывающей аппаратуры.

КОМПРЕССОРНЫЕ МАСЛА

В зависимости от областей применения и предъявляемых требований компрессорные масла подразделяют на классы:
для поршневых и ротационных компрессоров,
для турбокомпрессорных машин,
для холодильных компрессоров.

Масла для поршневых и ротационных компрессоров

Масла этого класса широко применяют для смазывания компрессоров, эксплуатируемых в различных отраслях промышленности и на транспорте. В поршневых и ротационных компрессорах смазочное масло находится в прямом соприкосновении с сжатым газом, имеющим высокую температуру. Состав и свойства газа в значительной степени определяют требования к маслу и его работоспособность.

В поршневых компрессорах масла применяют для смазывания цилиндров и клапанов, а также в качестве уплотняющей среды для герметизации камеры сжатия. Детали механизма движения обычно смазывают индустриальными маслами. В компрессорах с единой системой смазки цилиндров и механизма движения применяют только компрессорные масла.

В соответствии с правилами*, утвержденными Госгортехнадзором СССР, температура воздуха после каждой ступени сжатия воздушных компрессоров не должна быть выше 170 °С для общепромышленных компрессоров и выше 180 °С для компрессоров технологического назначения. В таких условиях основным эксплуатационным свойством масел, влияющим на долговечную, эффективную и безопасную работу компрессоров, является их термоокислительная стабильность и способность предотвращать или сводить к минимуму образование коксообразных масляных отложений в нагнетательных линиях компрессоров. Основной причиной пожаров, возникающих в смазываемых маслом компрессорах, является образование твердых продуктов распада и уплотнения масла при его эксплуатации, иногда по аналогии с отложениями в двигателе, называемых нагаром.

Требования к термической стабильности компрессорных масел возрастают в зависимости от температуры нагнетания компрессора. При этом следует учесть, что в настоящее время за рубежом и в СССР выпускают поршневые теплонапряженные компрессоры с температурой нагнетания до 220 °С.

Ниже показана окисляемость товарных компрессорных масел (числитель – кислотное число после окисления, в мг КОН/г,

* «Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов» от 7.12.1971 г.

знаменатель — осадок после окисления, в %) в зависимости от температуры под воздействием воздуха (определение проведено на аппарате ДК-3, время окисления 50 ч):

Масло	140 °C	170 °C	200 °C
КС-19	1,16/Отсутствие	1,51/Отсутствие	2,50/0,02
К-19	0,82/0,40	1,44/1,2	3,88/4,80

Применительно к компрессорным машинам вязкость является одной из основных эксплуатационных характеристик масла. От вязкости зависят потери энергии на трение, износ трущихся деталей, уплотнение поршневых колец, быстрота запуска компрессора, температура трущихся деталей. Вязкость компрессорных масел от температуры меняется следующим образом:

Масло	100 °C	50 °C	40 °C
Кп-8С	6,7	30,0	44,7
КЗ-10	9,3	52,5	78,6
К-12	11,4	76,1	126,8
К-19	17,9	126,8	227,9
КС-19	18,6	157,1	272,9

Образование отложений кокса при применении смазочных масел наряду с термической стабильностью масла зависит также от его вязкости. Масло более низкой вязкости быстрее движется по нагнетательному тракту компрессора и образует меньше отложений в системе нагнетания. В соответствии с правилами техники безопасности эксплуатации стационарных воздушных компрессоров (стандарт ISO 5388), для компрессоров, смазывающихся маслом, отложения кокса должны своевременно удаляться. Частота проверок и сроки очистки зависят от качества масла, но чтобы слой отложений между чистками не превышал следующих значений при указанном эффективном давлении: ⩽1,0 МПа — 3 мм, 1,0...3,0 МПа — 2 мм, 3,0...5,0 МПа — 1 мм. Следует иметь в виду, что существующее мнение о связи температуры вспышки масла с его безопасной эксплуатацией является неверным. Высокая температура вспышки масел не гарантирует большей безопасности их применения по сравнению с маслами, имеющими меньшую температуру вспышки. Для поршневых компрессоров более важна температура самовоспламенения компрессорных масел, которая для дистиллятных масел с низкой температурой вспышки выше, чем для остаточных высоковязких масел.

В табл. 4.7 представлены результаты определения эксплуатационных свойств компрессорных масел без присадок КС-19 и К-19 и перспективного масла с присадками КЗ-10. Видны преимущества перспективного масла по потребляемой мощности, массе отложений на нагнетательных клапанах при примерно равных смазывающих свойствах. Следует отметить, что применение маловязких масел предъявляет повышенные требования

*Таблица 4.7. Эксплуатационные свойства компрессорных масел при стендовых испытаниях**

Масло	Потеря массы (средняя) поршневого кольца, мг	Радиальный износ зеркала цилиндра, мкм	Масса отложений на нагнетательных клапанах, мг	Потребляемая мощность, кВт
КС-19	2,8/12,5	17,8/24,7	—/5,08	3,80/7,80
К-19	3,3/17,9	21,0/28,9	—/6,24	3,83/7,85
КЗ-10	3,1/17,5	16,1/22,5	—/2,64	3,60/7,48

* В числителе — для двухступенчатого компрессора КВД-Г, в знаменателе — для трехступенчатого компрессора К2-150. Прочерк означает, что данный показатель не определяли.

к конструкции компрессора и в некоторых случаях может привести к повышенному расходу масла.

Смазывающие свойства компрессорных масел в ряде случаев определяют на четырехшариковой машине трения (ГОСТ 9490—75). Диаметр пятна износа товарных компрессорных масел без присадок составляет для масла К-19 — 0,85 мм, а для масла КС-19 — 0,72 мм в то время как для перспективного масла с присадками КЗ-20 он равен 0,4 мм.

Сроки службы масел в циркуляционных системах поршневых компрессоров зависят от качества масел и условий эксплуатации. Рекомендуется пользоваться следующими предельными нормами: кислотное число не более 0,5 мг КОН/г, увеличение вязкости против исходной не более 25%.

Система обозначений и ассортимент

В основу классификации перспективных масел для воздушных и газовых поршневых компрессоров положена температура нагнетания и условия применения. Масла разделяют на группы:

первая — компрессоры, работающие при умеренных режимах, сжимающих воздух и другие нерастворимые в масле газы при температуре нагнетания ⩽160 °C;

вторая — то же, при температуре нагнетания ⩽180 °C;

третья — компрессоры, работающие при тяжелых условиях при температуре нагнетания ⩽200 °C;

четвертая — компрессоры высокого давления, работающие в особо тяжелых условиях при температуре нагнетания >200 °C.

В соответствии с классификацией масла маркируют следующим образом. Буква «К» означает принадлежность к компрессорным маслам. Группа масла указывается цифрой после «К», за исключением первой группы. Затем после дефиса следует цифра, соответствующая кинематической вязкости при 100 °C.

Примеры обозначения: масло К-12 — компрессорное, относится к первой группе классификации, вязкостью при 100 °C

Таблица 4.8. Характеристики компрессорных масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Масла без присадок					Масла с присадками			
	НКМ-40	К-12	К-19	КС-19	К-28	Кп-8с	К3-10	К3-20	К4-20
Вязкость кинематическая, мм²/с:									
при 100 °С	—	11—14	17—21	18—22	26—30	6,5—9	8,8—10,5	17—23	19,5—22
при 40 °С	36—41*	—	—	—	380—540	41,4—50,6	73,7—96,2	—	—
Индекс вязкости, не менее	—	—	—	92	80	95	90	85	85
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,01	0,15	0,10	0,02	0,04	0,05	0,2	0,7	—
Коксуемость, %, не более	—	0,3	0,5	0,5	0,5	0,05	0,20	0,4	—
Зольность, %, не более	—	0,015	0,010	0,005	—	0,005	—	0,120	0,50—0,80
Содержание, %, не более:									
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
воды	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Следы	Отсутствие	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	0,07	0,07	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие		0,007	0,02
серы	—	0,3	0,3	1,0	0,8	0,5	0,65	0,32	—
Стабильность, показатели после окисления:									
содержание осадка, %, не более	—	0,25	0,002	Отсутствие	0,01	0,02	1,5**	—	—
кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	0,5	0,5	0,2	—	—	—
Температура, °С:									
вспышки в открытом (закрытом) тигле, не ниже	(190)	216	245	260	275	200	205	250	225
застывания, не выше	—10	—25	—5	—15	—10	—15	—10	—15	—15
Коррозии									
на пластинках из стали	—	Выдерживает	Выдерживает	—	Выдерживает	—	Выдерживает	—	—
на пластинках из свинца, г/см²	—	—	—	⩽10	—	—	—	[*]	10
на пластинках из меди	—	—	—	—	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает	—	—
на стальных стержнях	—	—	—	—	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	880	—	—	905	—	885	900	900	900
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—	—	—	2,5	6,5	—	—

* При 50 °С.

** Коксуемость, % (не более).

Примечания.

1. Стабильность против окисления по ГОСТ 981—75 для масел Кп-8с, Кп-8с с повышенной стабильностью и масла К3-10 и масла К3-20 определяют при следующих условиях:

	t, °С	τ, ч	Расход кислорода, мл/мин
Кп-8с	140±0,5	35	50
Кп-8с с повышенной стабильностью	150±0,5	25	50
К3-10	140±0,5	25	50
К3-20	140±0,5	24	50

2. Стабильность против окисления масла К3-10 определяют по стандарту ISO 6617 ч. I; после окисления определяют коксуемость до и после окисления.

3. При определении стабильности против окисления масла К3-20 в окисленном образце масла определяют коксуемость, %. Этот показатель не нормируется, но его определение обязательно.

12 мм²/с; К4-20 — масло компрессорное, относится к четвертой группе классификации вязкостью при 100 °С 20 мм²/с.

Характеристики компрессорных масел приведены в табл. 4.8.

Компрессорные масла без присадок

Масло НКМ-40 (ТУ 38 101434—79) — нафтеновое компрессорное масло получают путем сульфирования газообразным триоксидом серы и контактной доочистки нефтяного масла селективной очистки. Предназначено для смазывания компрессорных машин производства полиэтилена.

Масло К-12 (ГОСТ 1861—73) — дистиллятное масло, вырабатываемое из малосернистых нефтей методом селективной очистки и гидроочистки. Содержит депрессорную присадку. Применяют для смазывания поршневых компрессоров низкого и среднего давления при температуре окружающего воздуха до —25 °С.

Масло К-19 (ГОСТ 1861—73) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления технологических установок, где требуются масла с низким содержанием серы.

Масло КС-19 (ГОСТ 9243—75) вырабатывают из сернистых парафинистых нефтей методом селективной очистки. Предназначено для смазывания поршневых компрессоров среднего и высокого давления.

Масло К-28 (ОСТ 38 012282—82) вырабатывают из смеси волгоградских и шаимских малосернистых нефтей методом селективной очистки. Применяют для смазывания многоступенчатых поршневых компрессоров высокого давления, в том числе для компрессоров воздухоразделительных установок.

Компрессорные масла с присадками

Масло КЗ-10, перспективная марка (ТУ 38401724—88) вырабатывают из смеси малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит композицию присадок, снижающих образование отложений кокса на нагнетательной линии компрессора, а также улучшающих антиокислительные, антикоррозионные, смазывающие и антипенные свойства. Предназначено для смазывания поршневых теплонапряженных компрессоров с температурой нагнетания до 200 °С, а также ротационных компрессоров, где необходимы повышенные смазывающие свойства.

Масло К4-20 (ТУ 38 101759—78) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит присадки, улучшающие смазывающие, диспергирующие и антипенные свойства, а также повышающие термическую стабильность. Предназначено для смазывания корабельных воздушных поршневых компрессоров высокого давления с единой системой смазки цилиндров и механизма движения.

Масло КЗ-20, перспективная марка (ТУ 38 401700—88) вырабатывают из малосернистых нефтей методом селективной очистки. Содержит композицию присадок, снижающих образование отложений кокса иа нагнетательной линии компрессора, а также улучшающих смазывающие и антипенные свойства. Предназначено для смазывания теплонапряженных поршневых компрессоров высокого давления.

Масла для турбокомпрессоров

Для смазывания центробежиых и турбокомпрессорных машин в основном применяют турбинные масла, среди которых наиболее распространено для этой цели масло Тп-22с. В турбокомпрессорах, спаренных с высоконагруженными редукторами, условия работы часто диктуют применение более вязкого, специально разработанного компрессорного масла Кп-8с (ТУ 38401641—87). Это — дистиллятное масло с композицией присадок, улучшающих его эксплуатационные свойства. Масло отличает способность бессменной работы (16 000 ч и более) в циркуляционных системах компрессоров без образования заметных отложений, увеличения кислотного числа и числа деэмульсации. Оно защищает поверхность черных металлов от коррозии при случайном обводнении, обладает большей устойчивостью, чем турбинные масла, к образованию нерастворимого осадка при контакте его с воздухом в присутствии аммиака. Последнее свойство особенно важно для применения масла в аммиачных компрессорах. Помимо центробежных компрессоров масло рекомендуется к применению также в винтовых компрессорах, где к маслу предъявляют повышенные требования по термической стабильности, деэмульгирующим и антикоррозионным свойствам.

Сравнительные данные по окислению масел турбинного Тп-22с и компрессорного Кп-8с при температуре 130 °С в течение 40 ч с подачей 1 дм³/ч кислорода, насыщенного аммиаком, приведены ниже (показатели после окисления):

	Кислотное число, мг КОН/г	Осадок, %
Тп-22с	0,25	0,05
Кп-8с	0,10	0,013

По результатам эксплуатационных испытаний и лабораторных исследований масел Кп-8с и Тп-22с на центробежных компрессорах отечественного производства и импортных поставок разработаны (ВНИИ НП и НИИтурбокомпрессоров, г. Казань) предельные значения физико-химических показателей качества масел, превышение которых отрицательно влияет на состояние узлов трения и работу компрессоров. Нормы основаны на том, что сроки службы масла определяются не временем их эксплуатации в циркуляционных системах центробежных комп-

рессоров, а степенью фактического «старения» масла, что контролируется для каждого компрессора по данным физико-химического анализа:

Показатель	Максимально допустимое значение
Кислотное число, мг КОН/г	0,2
Содержание, %:	
воды	0,05
осадка, нерастворимого в бензине-растворителе*	0,05
Отклонение вязкости кинематической от вязкости свежего масла, %	±15

* Определяют по ГОСТ 981—75 при кислотном числе масла ≥0,1 мг КОН/г.

Масла для компрессоров холодильных машин

К компрессорным маслам для холодильных машин предъявляют специфические требования, обусловленные непрерывным контактом смазывающего материала с хладагентом, а также постоянным изменением температуры и давления среды. Для компрессоров холодильных машин рекомендуется применять минеральные и синтетические масла с достаточно низкой температурой застывания и высокой антиокислительной стабильностью. При использовании в качестве хладагентов галогенопроизводных углеводородов жирного ряда необходимо учитывать химическое взаимодействие между хладагентом и маслом, усиливающегося с повышением температуры, а также их взаимную растворимость. Жесткие требования предъявляют к температурам помутнения и хлопьеобразования масла в смеси с хладагентом.

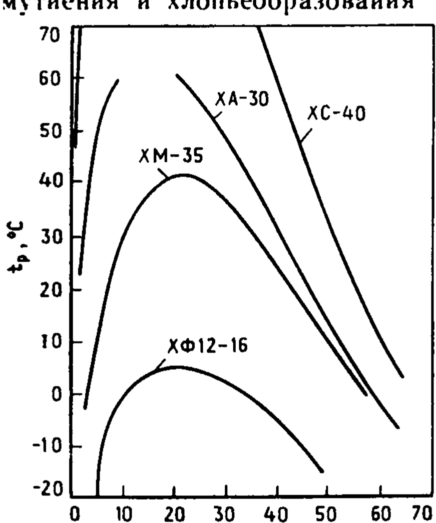


Рис. 55. Кривые растворимости холодильных масел с хладоном R-22:

$t_р$ — температура полного растворения; $C_м$ — содержание масла в смеси

Температура помутнения, т. е. температура, при которой наблюдается незначительное выпадение кристаллов парафина, для масел в смеси с хладагентом R-12 составляет: для масла ХФ 12-16 — минус 32 °С, для масла ВНИИНП ХС-40 — минус 34 °С.

Температура хлопьеобразования — та температу-

Таблица 4.9. Характеристики масел для компрессоров холодильных машин

Показатель	ХМ-35	ХА-30	ХФ 12-16	ХФ 22-24	ХФ 22С-16	ВНИИНП ХС-40
Вязкость кинематическая, мм²/с:						
при 20 °С	—	≤150 *	≥17	—	—	—
при 50 °С	32—37	28,0—32,0*	≥16	24,5—28,4	≥16	37,0—42,0
Кислотное число мг КОН/г, не более	0,03	0,05	0,02	0,04	0,35	0,02
Стабильность, показатели после окисления:						
содержание осадка, не более	—	0,02	0,005	—	0,02	—
кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,5	0,04	—	0,4	—
Зольность, %, не более	0,005	0,004	—	—	—	0,02
Испытание на коррозию	—	Отсутствие				
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей, воды	—	Выдерживает				
Температура, °С:						
вспышки, в открытом тигле, не ниже	190	185 *	174	130	225	200
застывания, °С, не выше	—37	—38 *	—42	—55	—58	—45

Примечания.

1. При окислении масла по ГОСТ 981—75 в прибор опускают два шарика $d = 5\pm0,1$ мм: один из низкоуглеродистой стали (ГОСТ 380—79), другой из меди М0к или М1к (ГОСТ 859—78) и выдерживают их 14 ч при 140 °С, непрерывно пропуская через масло воздух со скоростью 50 мл/мин.

2. При испытании масла ХА с медной пластинкой допускается незначительная «побежалость». Масла ХА-23, Х-30 и ХС-40 испытывают на пластинках из стали марки 40 или 50 (ГОСТ 1050—74), ХФ22С-16 — из стали марки 20 (ГОСТ 1050—74).

3. Определение температуры помутнения смеси масла с хладоном-12. Масло помещают в стеклянную пробирку с двойными стенками и подвергают термической обработке в водяной бане с температурой 90±5 °С. Выдерживают до тех пор, пока температура масла не достигнет 50±1 °С. Затем масло наливают в пробирку, охлаждают в охладительной бане до минус 27 °С и в охлажденное масло осторожно наливают хладон-12. Перемешивают смесь кольцевой мешалкой до полного растворения масла в хладагенте. Когда раствор станет прозрачным, пробирку помещают в охладительную баню и наблюдают помутнение через каждый градус, отмечая температуру, при которой начнется незначительное выпадение кристаллов парафина. Температуру охлаждающей смеси поддерживают на 5 °С ниже предполагаемой температуры помутнения. Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать ±1 °С.

4. Для масла ХФ 12-16 температура помутнения в смеси хладоном — не выше минус 32 °С, цвет не более 1,0 ед. ЦНТ.

ра, при которой выпадают заметные хлопья парафина, для масел в смеси с хладагентом R-12 составляет: для масла ХФ 12-16 — минус 50 °С, для масла ХА-30 — минус 40 °С, для масла ХС-40 — минус 55 °С. На рис. 55 представлены кривые растворимости масел с хладоном R-22.

Необходимо также контролировать коррозионную агрессивность смесей хладагента с маслом по отношению к металлам и другим материалам, применяемым в холодильных машинах. Масла для смазывания компрессоров домашних холодильников должны обладать повышенной стабильностью, так как в таких неразборных герметизированных агрегатах возможность наблюдения за маслом и его замена исключены.

Ассортимент масел

Для компрессоров холодильных машин применяют масла серии ХА и ХФ в соответствии с ГОСТ 5546—86.

ХА-30 — смесь дистиллятного и остаточного нефтяных масел.

ХФ12-16 — нефтяное масло с добавкой антиокислительной присадки.

ХФ 22-24 — нефтяное загущенное масло.

ХФ22С-16 — синтетическое масло с антиокислительной присадкой.

Кроме масел по ГОСТ 5546—86, для компрессоров новых холодильных машин, работающих в диапазоне температур −50 ... +150 °С может применяться синтетическое масло ВНИИНП ХС-40 (ТУ 38 101763—78), а для судовых холодильных машин — нефтяное масло ХМ-35 (ТУ 38 1011158—88).

Характеристики этих масел приведены в табл. 4.9.

Глава 5
ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА

Технический прогресс в машиностроении — развитие высокопроизводительного, высокоточного и с числовым программным управлением автоматизированных модулей, роботов и другого надежного и долговечного оборудования — потребовал создания качественно новых индустриальных масел. Нефтеперерабатывающая промышленность производит большой ассортимент современных легированных индустриальных масел с улучшенными эксплуатационными свойствами: антиокислительными,

смазывающими, защитными, деэмульгирующими и др. Применение легированных индустриальных масел (с присадками) обеспечивает повышение надежности и долговечности работы оборудования и его производительности, увеличение срока службы масел в 2—4 раза по сравнению с маслами без присадок.

Ассортимент масел, употребляемых для промышленного оборудования и машин, практически шире приведенного в данной главе. В этих целях, помимо индустриальных, используют многие масла, отнесенные по основному назначению в моторные, гидравлические, трансмиссионные, турбинные и другие группы. В ряде случаев возникает необходимость использования продуктов ненефтяного происхождения, получаемых на основе кремнийорганических, фосфор-, серо- и фторсодержащих соединений и др.

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ

Длительное время в СССР не было технически обоснованной и общепринятой классификации индустриальных масел. В зависимости от области применения их условно классифицировали на масла общего и специального назначения. Кроме того, масла каждой из этих групп подразделяли на три подгруппы по кинематической вязкости при 50 и 100 °С. Имело место разделение по характеру исходной нефти — на масла из малосернистых и сернистых нефтей; по способу очистки — на масла селективной, сернокислотной, адсорбционной, выщелоченные и др. При разработке легированных масел их обозначали, руководствуясь сложившимися правилами, например: масла серии ИГП — индустриальные гидравлические с присадками; ИСП — индустриальные из сернистых нефтей с присадками и т. п.

На основе отечественного и зарубежного опыта по созданию классификаций смазочных масел, изучения технических требований к индустриальным маслам, опыта разработки и применения легированных масел впервые разработана технически обоснованная классификация индустриальных масел. Она отражена в ГОСТ 17479.4—87 («Обозначение нефтепродуктов. Масла индустриальные»). Стандарт учитывает международные стандарты (ISO 3448—75 «Смазочные материалы индустриальные. Классификация вязкости», ISO 6743/0—81 («Классификация смазок и индустриальных масел») и отечественный ГОСТ 17479.0—85 («Обозначение нефтепродуктов. Общие требования»). В единой системе обозначений индустриальных масел учтено применение их в различном промышленном оборудовании: станках, прессах, прокатных и волочильных станах, машинах и оборудовании, в которых используются редукторы, подшипниках и других элементах различных конструкций и усло-

вий эксплуатации, а также гидравлические системы и др. Масла, предназначенные для смазывания промышленного оборудования, выделяют в самостоятельную группу и им присваивают общее условное наименование «Индустриальные масла». В отличие от моторных, трансмиссионных и других масел специального назначения они обозначаются буквой «И».

Обозначение индустриальных масел включает группу знаков, разделенных между собой дефисом. Первая буква «И», вторая прописная буква определяет принадлежность к группе по назначению, третья прописная буква — принадлежность к подгруппе по эксплуатационным свойствам и четвертый знак — цифра характеризует класс по кинематической вязкости. По назначению индустриальные масла делят на 4 группы (табл. 5.1, в этой же таблице приведены обозначения по стандарту ISO).

По уровню эксплуатационных свойств выделено 5 подгрупп (табл. 5.2) и в зависимости от кинематической вязкости при 40 °С индустриальные масла подразделяют на 18 классов (табл. 5.3). Деление масел по назначению соответствует ISO 3498—79 и 6743/0—81, а по вязкости — ISO 3448—75.

Пример обозначения индустриального масла: И-Г-С-32 — индустриальное масло (И), группы Г, подгруппы С, класса вязкости 32.

Внедрение ГОСТ 17479.4—87 будет способствовать унификации существующего ассортимента индустриальных масел. Соответствие обозначений индустриальных масел, принятых по стандарту, обозначениям, ранее принятым в нормативно-технической документации и группам по назначению классификации ISO 6743/0—81 приведено в табл. 5.1 и 5.4.

СВОЙСТВА

Назначение индустриальных масел — обеспечить снижение трения и износа в трущихся частях металлорежущих станков, прессов, прокатных станов и другого промышленного оборудования. Одновременно индустриальные масла должны отводить тепло от узлов трения, защищать детали от коррозии, очищать трущиеся поверхности от загрязнения, быть уплотняющим средством, не допускать образования пены при контакте с воздухом, предотвращать образование стойких эмульсий с водой или быть способным эмульгировать, хорошо фильтроваться через фильтрующие элементы, быть нетоксичными, не обладать неприятным запахом и т. д. В условиях применения смазочные масла подвергаются воздействию высоких температур и давлений, контактируют с различными металлами, воздухом, водой и различными агрессивными средами. Поэтому в период эксплуатации они окисляются — повышается вязкость, кислотное число, коррозионная вктивность, засоряются продуктами износа — усили-

Таблица 5.1. Группы индустриальных масел по назначению

Группа	Соответствие группы по ISO 6743/0—81	Область применения
Л	F	Легконагруженные узлы (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения)
Г	H	Гидравлические системы
Н	G	Направляющие скольжения
Т	C	Тяжелонагруженные узлы (зубчатые передачи)

Таблица 5.2. Подгруппы индустриальных масел для машин и механизмов промышленного оборудования по эксплуатационным свойствам

Подгруппа	Состав, условия эксплуатации и рекомендуемая область применения
А	Масла без присадок; условия работы оборудования не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками; условия работы оборудования предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Масла типа В с противоизносными присадками для оборудования, где имеются антифрикционные сплавы цветных металлов и условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел
Д	Масла типа С с противозадирными присадками; условия работы оборудования предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел
Е	Масла типа Д с противоскачковыми присадками; условия работы оборудования предъявляют повышенные требования к антиокислительным, адгезионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масел

Таблица 5.3. Классы вязкости индустриальных масел

Класс вязкости	ν_{40}, мм²/с	Класс вязкости	ν_{40}, мм²/с
2	1,9—2,5	68	61—75
3	3,0—3,5	100	90—110
5	4,0—5,0	150	135—165
7	6,0—8,0	220	198—242
10	9,0—11,0	320	288—352
15	13,0—17,0	460	414—506
22	19,0—25,0	680	612—748
32	29,0—35,0	1000	900—1100
46	41,0—51,0	1500	1350—1650

Таблица 5.4. Соответствие обозначений индустриальных масел по ГОСТ 17479.4—87 и ранее принятым в нормативно-технической документации (НТД)

Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	Ранее принятое обозначение*	НТД	Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	Ранее принятое обозначение*	НТД
И-Л-А-7	И-5А	ГОСТ 20799—88	И-Н-Е-68	ИНСп-40	ТУ 38 101672—77
И-Л-А-10	И-8А	ГОСТ 20799—88	И-Н-Е-100	ИНСп-65	ТУ 38 101672—77
И-ЛГ-А-15	И-12А	ГОСТ 20799—88	И-Н-Е-220	ИНСп-110	ТУ 38 101672—77
И-Г-А-32	И-20А	ГОСТ 20799—88	И-ГН-Е-32	ИГНСп-20	ТУ 38 1011161—88
И-Г-А-46	И-30А	ГОСТ 20799—88			
И-Г-А-68	И-40А	ГОСТ 20799—88	И-ГН-Е-68	ИГНСп-40	ТУ 38 1011161—88
И-Г-А-100	И-50А	ГОСТ 20799—88	И-Т-Д-68	ИРп-40	ТУ 38 101451—78
И-Л-С-3	ИГП-2	ТУ 38 101690—77		ИСП-40	ТУ 38 101293—78
И-Л-С-5	ИГП-4	ТУ 38 101413—78	И-Т-С-68	И68СХ	ТУ 38 101775—81
И-Л-С-10	ИГП-6, ИГП-8	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-100	ИРп-75, ИСП-65	ТУ 38 101451—78 ТУ 38 101293—78
И-Г-С-22	ИГП-14	ТУ 38 101413—78			
И-Г-С-32	ИГП-18	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-220	ИРп-150	ТУ 38 101451—78
И-Г-С-46	ИГП-30 и ВНИИ НП-403	ТУ 38 101413—78 ГОСТ 16728—78		ИСП-110	ТУ 38 101293—78
И-Г-С-68	ИГП-38, ИГП-49, ВНИИ НП-406	ТУ 38 101413—78 ТУ 38 101289—78	И-Т-С-320	ИГП-152, ИГП-182	ТУ 38 101413—78
			И-Т-А-460	ПС-28	ГОСТ 12869—77
И-Г-С-100	ИГП-72	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-460	ИТП-200	ТУ 38 101292—79
И-Г-С-150	ИГП-91	ТУ 38 101413—78	И-Т-А-680	П-40	ТУ 38 101312—78
И-Г-С-220	ИГП-114	ТУ 38 101413—78	И-Т-Д-680	ИТП-300	ТУ 38 101292—79

* Подлежит приведению в соответствие с требованиями настоящего ГОСТ по назначению и уровню вязкости.

вается абразивный износ, ухудшается фильтрование, появляются продукты деструкции — понижается вязкость, температура вспышки, появляется вода и др.

Ниже приведены основные нормируемые для индустриальных масел показатели качества и их значение.

Плотность непосредственно связана с такими важными свойствами, как вязкость и сжимаемость. Она существенно влияет на передаваемую гидропередачей мощность и определяет запас энергии в масле при его циркуляции. Применение масел высокой плотности позволяет существенно уменьшить размеры гидропередачи при той же мощности. При повышении давления плотность масел возрастает вследствие их сжимаемости:

Давление, МПа	0,1	35	105	140
Плотность, кг/м³	885	895	920	930

Вязкость. Смазочные масла для промышленного оборудования выбирают главным образом по их вязкости. Вязкость — одно из важных свойств, имеющих эксплуатационное значение и общее для большинства масел. При гидродинамических расчетах, связанных с конструированием узлов трения и подбором для них масла, обычно используют кинематическую вязкость. Эту вязкость обязательно нормируют для всех минеральных масел. Длительное время кинематическая вязкость индустриальных масел определялась при температурах 50 и 100 °С. В настоящее время принятой по классификации ISO 3448-75 является температура 40 °С (вместо 50 °С). При выборе масла следует учитывать три критических значения вязкости: оптимальное при нормальной рабочей температуре, минимальное при максимальной рабочей температуре и максимальное при самой низкой температуре.

Вязкость масла в значительной степени зависит от давления. Это имеет особое значение при смазывании механизмов, работающих с большими удельными нагрузками и высоким давлением в узлах трения, что должно учитываться при конструировании и расчетах механизмов. Требуемый уровень вязкости в рабочих условиях положительно сказывается на смазывающих свойствах масла: между трущимися поверхностями создается прочный смазочный слой. Зависимость вязкости от давления выражается уравнением:

$$\eta_p = \eta_0 e^{\alpha p},$$

где η_p и η_0 — динамическая вязкость при давлении p и атмосферном давлении, Па·с; e — основание натуральных логарифмов; α — пьезокоэффициент вязкости, $Па^{-1}·с^{-1}$ (для нефтяных масел лежит в пределах 0,001—0,004).

При высоком давлении вязкость может возрасти настолько, что масло потеряет свойства жидкости и превратится в квазипластичное тело. При давлении $>10^{15}$ Па минеральное масло

превращается в твердое тело. При снятии нагрузки первоначальная вязкость восстанавливается. Вязкость масел при всех температурах с увеличением давления растет неодинаково и тем значительнее, чем выше давление и ниже температура.

Индекс вязкости характеризует вязкостно-температурные свойства масел. Для перевода одних единиц вязкости в другие, для расчета вязкости смеси смазочных масел и для расчета изменения вязкости от температуры или определения индекса вязкости масел следует пользоваться соответствующими формулами, номограммами, таблицами и графиками.*

Индекс вязкости 85 и выше указывает на хорошие вязкостно-температурные свойства. Для гидравлических систем современного оборудования необходимы масла с индексом вязкости >100 и загущенные масла с индексом вязкости 110—200. Этот показатель особенно важен для масел, применяемых в условиях, когда при изменении рабочих температур недопустимо даже незначительное изменение вязкости (например, для гидравлических систем, высокоскоростных механизмов, для гидродинамических направляющих скольжения и др.). Как правило, индустриальные масла эксплуатируются при сравнительно низких температурах (50—60 °С), поэтому в соответствии с ГОСТ 4.24—84 нормирование индекса вязкости не обязательно.

Температура застывания определяется в статических условиях (в пробирке) и не характеризует надежно подвижность масла при низкой температуре в условиях эксплуатации. Характеристикой подвижности масел при низкой температуре служит вязкость при соответствующей температуре, верхний предел которой зависит от условий эксплуатации и конструкции механизмов. Применение присадок позволяет понизить температуру застывания масел. Данные по температуре застывания масел необходимы при проведении нефтескладских операций (слив, налив, хранение).

Температура вспышки — та температура, при которой пары масла образуют с воздухом смесь, воспламеняющуюся при поднесении к ней пламени. Характеризует огнеопасность масла и указывает на наличие в нем низкокипящих фракций. Ее определяют в приборах открытого и закрытого типа. В открытом приборе температура вспышки минеральных масел на 20—25 °С выше, чем в закрытом.

---

* 1. ГОСТ 25371—82 и стандарт СЭВ 2386—80 устанавливают два метода расчета ИВ смазочных масел по кинематической вязкости при 40 и 100 °С, даны формулы и таблицы для определения ИВ.

2. Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов/Под ред. Е. А. Эминова. 4-е изд. М.: Химия, 1977. Кн. 1 и 2 — 768 с.

3. Трение, изнашивание и смазка/Справочник под ред. И. В. Крагельского и В. В. Алисина. М.: Машиностроение, 1978. 757 с. Кн. I, гл. 9, с. 254—270.

Зольность — количество неорганических примесей, остающихся от сжигания навески масла, выраженное в процентах к массе масла. Высокая зольность масел без присадок указывает на недостаточную его очистку, т. е. на наличие в нем различных солей и несгораемых механических примесей и содержание зольных присадок в легированных маслах. Обычно зольность масел составляет 0,002—0,4% (масс.).

Содержание механических примесей, воды, селективных растворителей и водорастворимых кислот и щелочей. По этому показателю контролируют качество масел при их производстве, а также при определении срока службы масла для оценки пригодности его для дальнейшего применения (отсутствие или определенная норма в маслах загрязнений и веществ, агрессивных по отношению к металлическим поверхностям).

Цвет — показатель степени очистки и происхождения минеральных масел. Некоторые присадки, вводимые в масла, ухудшают их цвет. Изменение цвета масел в процессе эксплуатации косвенно характеризует степень их окисления или загрязнения.

Кислотное число также характеризует степень очистки минеральных масел и отчасти их стабильность в процессе эксплуатации и хранения. Этот показатель не характерен для масел с присадками, так как в присутствии некоторых из них увеличивается кислотное число и в то же время повышается стабильность масел при длительной эксплуатации и хранении.

Содержание серы зависит от природы нефти, из которой выработано масло, а также глубина его очистки. При применении процессов гидрооблагораживания содержание серы в масле указывает на глубину процесса гидрирования. В очищенных маслах из сернистых нефтей сера содержится в виде органических соединений, не вызывающих в обычных условиях коррозии черных и цветных металлов. Агрессивное действие серы возможно при высоких температурах, например при использовании масел в качестве закалочной среды, контактирующей с раскаленной поверхностью металла. Масла с присадками, в состав которых входит сера, содержат больше серы, чем базовые масла. Серосодержащие присадки вводят в масло для улучшения их смазывающих свойств.

Антиокислительная стабильность индустриальных масел в процессе эксплуатации и хранения — одна из важных характеристик их эксплуатационных свойств. По антиокислительной или химической стабильности определяют стойкость масла к окислению кислородом воздуха. Все минеральные масла, соприкасаясь с воздухом при высокой температуре, взаимодействуют с кислородом и окисляются. Недостаточная антиокислительная стабильность масел приводит к быстрому их окислению, сопровождающемуся образованием растворимых и нерастворимых продуктов окисления (органических кислот, смол, асфаль-

тенов и др.). При этом в масле появляются осадки в виде лака и шлама, нарушающие циркуляцию масла в системе и образующие агрессивные продукты, которые вызывают коррозию деталей машин. Срок службы масла при окислении значительно сокращается, повышается его коррозионность, ухудшается способность отделять воду и растворенный воздух. На окисление масла влияют многие факторы: температура, пенообразование, содержание воды, органических кислот, металлических продуктов износа и других загрязнений.

Химически стабильные масла, работоспособные при высокой температуре, должны создаваться на использовании глубокоочищенных базовых масел с антиокислнтельными присадками. Современные легированные индустриальные масла для улучшения антиокислительной стабильности содержат специальные присадки. Особенно важны антиокислительные свойства для масел, работающих в узлах трения и механизмах при повышенной температуре и при интенсивной циркуляции и перемешивании.

Защитные (консервационные) свойства определяют способность индустриальных масел предотвращать агрессивное действие на детали машин органических кислот, содержащихся в маслах и образующихся в результате окисления при наличии влаги, попадающей в масла в процессе эксплуатации (конденсация из воздуха, охлаждающая вода и др.), а также веществ, агрессивных по отношению к некоторым металлам. Коррозия черных металлов возникает при попадании в масло воды, а цветных металлов и сплавов вызывается действием органических кислот, образующихся при окислении масла и некоторых присадок. Вода, а также частицы продуктов коррозии стимулируют коррозионную агрессивность органических кислот. Кроме того, попадая в зону трения, частички продуктов коррозии действуют как абразив и повышают интенсивность изнашивания. Коррозия цветных металлов усиливается с повышением температуры. Защитные свойства улучшаются при введении в масло маслорастворимых ингибиторов коррозии, антикоррозионных присадок, которые препятствуют контакту металла с влагой и органическими кислотами.

Смазывающие свойства характеризуют способность масел улучшать работоспособность поверхности трения путем максимального уменьшения износа и трения. Они оцениваются показателем износа, антифрикционными и противозадирными свойствами. Смазывающие свойства масел позволяют судить об их способности предотвращать любой вид удаления материала с контактирующих поверхностей (умеренный износ, задир, выкрашивание, коррозионно-механический, абразивный и др.). При работе узлов и механизмов в условиях гидродинамического режима трения требования по смазывающим свойствам обеспечиваются минеральными маслами соответствующей вязкости без присадок. При работе узлов и механизмов в условиях граничной смазки смазывающие свойства масел не обеспечиваются естественным составом минеральных масел. Учитывая, что при работе машин и механизмов имеет место как граничная (пуск, остановка), так и гидродинамическая (рабочие условия, например, гидравлической системы) смазка, к большинству индустриальных масел предъявляют более жесткие требования по показателю износа, чем к маслам без присадок. Для предотвращения износа и заедания в масло вводят соответствующие присадки, которые на поверхности трения при определенных температурах создают защитные пленки.

В некоторых конструкциях лопастных насосов при высоких скоростях вращения, нагрузках и локальных температурах создаются условия, при которых масляная пленка разрушается с образованием контакта металл — металл; наступает катастрофический износ.

При использовании гидравлических масел с противоизносными присадками следует иметь в виду, что некоторые из них, например, диалкилдитиофосфаты цинка, способствуют повышенному коррозионному износу деталей из медных сплавов. Это необходимо учитывать при подборе масел для насосов и других механизмов, детали которых выполнены из определенных марок бронзы для обеспечения минимального трения при запуске. В этом случае следует применять масла с антиокислительными и антикоррозионными или противоизносными присадками, нейтральными по отношению к сплавам из меди.

Антифрикционные свойства индустриальных масел не нормируют, но они являются косвенным показателем смазывающей способности.

Противопенные свойства оценивают способность масел выделять воздух или другие газы без появления пены. Образование пены приводит к потерям масла, увеличению его сжимаемости, ухудшению смазывающей и охлаждающей способностей, вызывает более интенсивное окисление масла. Способность противостоять вспениванию особенно важна для масел, используемых в гидравлических системах и для смазывания высокоскоростных механизмов, так как при их контакте с атмосферой при обычной температуре содержание растворенного воздуха достигает 8—9% (об.). Большинство современных легированных масел содержат антипенные присадки, которые способствуют разрушению пузырьков пены на поверхности и предотвращают пенообразование.

Деэмульгирующие свойства свидетельствуют о способности масла обеспечивать быстрый отстой воды. Масла с плохими деэмульгирующими свойствами при обводнении образуют стойкие водомасляные эмульсии. При этом уменьшается вязкость мас-

ла, ухудшаются условия трения, металлические поверхности подвергаются коррозии, повышается температура застывания и т. д. Эти свойства минеральных масел улучшаются введением в них деэмульгаторов.

Содержание активных элементов. Определение содержания цинка, фосфора, серы, хлора и других активных элементов служит для контроля за количеством вводимых в легированные масла присадок при производстве.

Для индустриальных масел специального назначения дополнительно нормируют такие показатели качества, как липкость, смываемость, эмульгируемость, стабильность вязкости загущенных масел, степень чистоты и др. В связи с ужесточением требований к эксплуатационным свойствам индустриальных масел нормируемые показатели их качества будут, очевидно, дополняться новыми.

АССОРТИМЕНТ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МАСЕЛ

Масла общего назначения

В эту группу входят минеральные масла без присадок и с присадками (легированные) вязкостью при 50 °С от 2,2 до 190 мм²/с, получаемые из малосернистых и сернистых нефтей. Такие масла служат для смазывания наиболее распространенных узлов и механизмов оборудования в различных отраслях промышленности. К маслам без присадок не предъявляют особых требований, их эксплуатационные свойства обеспечиваются естественной минеральной природой масел. В группу легированных масел включены масла с определенным комплексом свойств, обеспечивающих универсальность их применения.

Масла индустриальные общего назначения без присадок (табл. 5.5)

Эти масла, выпускаемые по ГОСТ 20799—88, представляют собой очищенные дистиллятные или смесь дистиллятных и остаточных минеральных масел. Применяют их при производстве масел с присадками в качестве базовых.

Масла И-5А, И-8А — дистиллятные, из малосернистых нефтей кислотно-щелочной очистки и из сернистых нефтей селективной очистки. Применяют в различных отраслях промышленности для смазывания наиболее широко распространенных легконагруженных, высокоскоростных узлов и механизмов, замасливания волокон и в производстве масел, смазок и резин. Кроме того, их применяют для жирования кож, изготовления паст, мастик, оконной замазки и др. Ряд отраслей народного хозяй-

Таблица 5.5. Характеристики индустриальных масел общего назначения без присадок (ГОСТ 20799—88)

Показатель	И-5А	И-8А	И-12А / И-12А₁	И-20А	И-30А	И-40А	И-50А
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Л-А-7	И-Л-А-10	И-ЛГ-А-15	И-Г-А-32	И-Г-А-46	И-Г-А-68	И-Г-А-100
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	870	880	880	890	890	900	910
Вязкость при 40 °С, мм²/с	6—8	9—11	13—17	29—35	41—51	61—75	90—110
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	140	150	170/165	200	210	220	225
застывания, не выше	—18	—15	—30	—15	—15	—15	—20
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	1,5	1,5/2,5	2,0	2,5	3,0	4,5
Стабильность против окисления:							
приращение кислотного числа, мг КОН/г, не более	0,20	0,20	0,20	0,30	0,40	0,40	0,40
приращение смол, %, не более	1,5	1,5	1,5	2,0	3,0	3,0	3,0

Примечания.

1. Во всех маслах нормируют: содержание воды, механических примесей, селективных растворителей, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие; зольность <0,005%; содержание серы в маслах из сернистых нефтей 1,0—1,1%.

2. По согласованию изготовителя с потребителем и при заявке на масла с температурой застывания ниже предусмотренной требованиями настоящего стандарта допускается изготовлять индустриальные масла с депрессатором, а также масла с $t_{заст} < -10$ °С для масел, применяемых с 1 апреля по 1 сентября, за исключением экспортных сортов.

ства используют эти масла в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем различных строительных машин.

Масло И-12А — дистиллятное из сернистых нефтей селективной очистки или малосернистых — кислотно-щелочной. Служит для смазывания втулок, подшипников веретен ровничных и других машин, узлов коттонных и кеттельных машин, шпинделей металлорежущих станков, работающих с частотой вращения до 5 тыс. $мин^{-1}$, для направляющих бабок фильерно-расточных, фильерно-полировочных и других станков, для подшипников маломощных электродвигателей с кольцевой системой смазки, в качестве рабочей жидкости в объемных гидроприводах, работающих в закрытом помещении и на открытом воздухе, для поршневой группы аммиачных компрессоров и для многих других видов оборудования. Используют также для изготовления масел с присадками, пластичных антифрикционных и консервационных смазок, эмульгирующих составов, технологических смазок и жидкостей. В зависимости от требований его можно заменить смесью одного из масел И-20А или И-30А с маловязкими маслами И-5А или И-8А.

Масла И-20А, И-30А, И-40А, И-50А — дистиллятные или смесь дистиллятного с остаточным из сернистых и малосернистых нефтей селективной очистки либо из малосернистых нефтей кислотно-щелочной очистки. Их употребляют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах станочного оборудования, автоматических линий, прессов, для смазывания легко- и средненагруженных зубчатых передач, направляющих качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла, и других механизмов. Наиболее широко применяют масло И-20А в гидравлических системах промышленного оборудования, для строительных, дорожных и других машин, работающих на открытом воздухе. Применение указанных масел в тех или иных механизмах зависит от их вязкости: по мере ее увеличения масла используют в более нагруженных и менее быстроходных механизмах. Указанные масла можно заменить легированными маслами ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38 и ИГП-49 (по ТУ 38 101413—73) соответствующей вязкости.

Масла индустриальные общего назначения легированные (табл. 5.6)

Масла серии И-Л-С и ИГП выпускают в соответствии с ТУ 38 1011191—88 и ТУ 38 101413—73. Это — дистиллятные, остаточные или смесь дистиллятных и остаточных минеральных масел из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной, противоизносной, антикоррозионной и противопенной присадками. Употребляют их в основном для смазывания современного отечественного и импортного оборудования в различных отраслях народного хозяйства, для эксплуатации которого необходимы масла с улучшенными эксплуатационными свойствами.

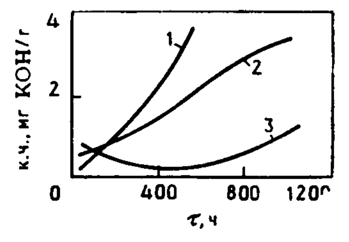


Рис. 56. Зависимость кислотного числа к. ч. от длительности окисления τ:
1 — масло И-20А; *2, 3* — масло ИГП-18 различной глубины очистки

Основными показателями, характеризующими эксплуатационные свойства масел ИГП, являются вязкость, стабильность против окисления, антикоррозионные свойства и стойкость к пенообразованию. На рис. 56 показана стабильность против окисления по ASTM D—943 (изменение кислотного числа во времени при окислении в токе кислорода в течение 1000 ч, при 95 °С, в присутствии воды и катализаторов) легированного масла ИГП-18, полученного из сернистых нефтей различной глубины селективной очистки, в сравнении с маслом И-20А без присадок. На рис. 57 приведены изменения показателя износа во времени (ГОСТ 9490, 200Н, 1450 $мин^{-1}$) легированного масла ИГП-18 по сравнению с маслом И-20А.

В связи с применением в гидравлических системах современного промышленного оборудования фильтров тонкой очистки (25, 10 и 5 мкм) важное значение приобретает такое свойство нефтяных масел, особенно легированных, как фильтруемость.

Масла ИГП можно применять взамен соответствующих по вязкости масел общего назначения по ГОСТ 20799—88. Преимущества легированных масел ИГП в сравнении с маслами без присадок подтверждены многолетней практикой их производства и применения.

Масла И-Л-С-3, И-Л-С-5, И-Л-С-10, И-Л-С-22 (ИГП-2, ИГП-4, ИГП-6, ИГП-8, ИГП-14) применяют для смазки легконагруженных высокоскоростных механизмов (шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения).

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49 служат рабочими жидкостями в гидравлических системах станков, автоматических линий, прессов. Используют для смазывания высокоскоростных коробок передач, мало- и средненагруженных редукторов и червячных передач, вариаторов, электромагнитных и зубчатых муфт, подшипниковых узлов, направляющих скольжения и качения и в других узлах и механизмах, где требуются масла с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами.

Масла ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 используют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования и для смазывания шестеренных передач, средненагруженных зубчатых и

Таблица 5.6. Характеристики легированных индустриальных масел общего назначения

Показатель	ИГП-2*	ИГП-4*	ИГП-6*	ИГП-8*	ИГП-14*	ИГП-18	ИГП-30	ИГП-38, ИГП-38с	ИГП-49	ИГП-72	ИГП-91	ИГП-114	ИГП-152	ИГП-182
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Л-С-3	И-Л-С-5	И-Л-С-10		И-Л-С-22	И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Г-С-68		И-Г-С-100	И-Г-С-150	И-Г-С-220	И-Т-С-320	
Плотность, кг/м³, не более	835	850	880		890	880	885	890	895	900	900	900	905	910
Вязкость при 40 °С, мм²/с	3,0—3,5	4,3—6,0	9,0—11,0		17,5—22,5	24—30	39—50	55—65	76—85	110—125	148—165	186—205	288—352	288—352
Индекс вязкости, не менее	—	—	—		—	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Температура, °С вспышки в открытом (закрытом) тигле, не ниже	(90)	110	143		170	176	200	210	215	220	225	230	230	240
застывания, не выше	—15	—15	—15		—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15	—15
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	1,5	2,0		2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,5	7,0	6,0	8,0
Коксуемость, %, не более	—	—	—		—	0,25	0,25	0,35	0,40	0,45	0,55	0,60	0,75	0,85
Содержание, %: цинка, не менее	0,04	0,04	0,04		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
общей серы, не более	0,4	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,4	1,5
Склонность к пенообразованию/ /стабильность пены, см³, не более: при 24 °С	—	—	—		—	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	100/5	100/5
при 94 °С	—	—	—		—	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5
при 24 °С после испытания при 94 °С	—	—	—		—	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	50/5	100/5	100/5
Антикоррозионные свойства, степень коррозии	Отсутствие													

* Сохранено название по ранее действующим техническим условиям ТУ 38 101690—77.

Примечания.

1. Для масел И-Л-С нормируют: кислотное число 1,0 мг КОН/г; зольность <0,2%; содержание механических примесей — отсутствие, воды — следы.
2. Для масел серии ИГП нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; кислотное число 0,6—1,0 мг КОН/г; число омыления 0,8—2,5 мг КОН/г; поверхностное натяжение <28 мН/м; зольность <0,2%; содержание механических примесей и фенола — отсутствие, воды — следы; старение — в горячем состоянии; увеличение кислотного числа после окисления <0,35 мг КОН/г; способность к влагостойкости — выдерживает; допускается применение депрессора ПМА «Д» до 0,03% (100%-го).
3. Масло ИГП-38с отличается от ИГП-38 наличием моюще-диспергирующей присадки.

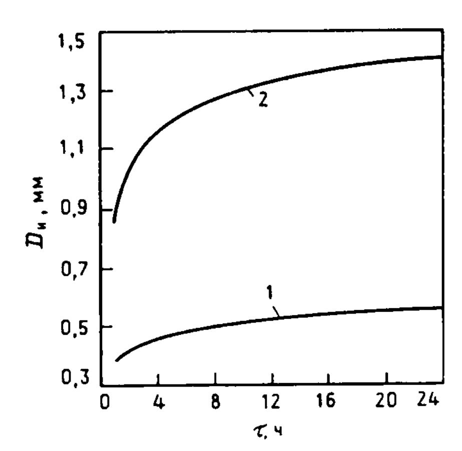


Рис. 57. Зависимость диаметра пятна износа $D_и$ от длительности испытаний τ:
1 — масло ИГП-18; *2* — И-20А

червячных редукторов, в циркуляционных системах смазки различного оборудования.

Масла ИГП-152, ИГП-182 используют для смазывания нагруженных зубчатых и червячных передач, коробок скоростей, редукторов и других узлов.

Далее ассортимент индустриальных масел представлен по назначению согласно ГОСТ 17479.4—87, а также специальных масел и жидкостей, которые не учитываются стандартом.

Масла для легконагруженных высокоскоростных механизмов

В эту группу входят дистиллятные масла из малосернистых и сернистых нефтей селективной и кислотно-щелочной очистки с присадками и без присадок вязкостью при 50 °С от 2,2 до 15,5 мм²/с (см. табл. 5.6). Они служат для смазывания высокоскоростных механизмов металлорежущих станков, текстильных машин, сепараторов, центрифуг и др. — шпинделей, подшипников и сопряженных с ними соединений.

Масло И-Л-С-3 (ИГП-2) (ТУ 38 1011191—88) — минеральное масло на основе масла МГЕ-10А или гидроочищенного дизельного топлива из сернистых нефтей соответствующей вязкости и фракционного состава с антиокислительной, антикоррозионной и противоизносной присадками. Его применяют для смазывания подшипников шпиндельных узлов металлорежущих станков. Это позволяет повысить скорости и нагрузки резания, точность обработки и чистоту обрабатываемых деталей, исключает применение смеси масел с керосином, которая характеризуется значительно худшими смазывающими и экологическими свойствами. На рис. 58 приведены противоизносные свойства масел И-Л-С-3 (ИГП) различной композиции присадок.

Масла И-Л-С-5, И-Л-С-10, И-Л-С-22 (ИГП-4, ИГП-6, ИГП-8, ИГП-14) (ТУ 38 1011191—88) — минеральные дистиллятные масла из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной и противопенной присадками. Употребляют для высокоскоростных шпиндельных узлов металлорежущих станков. Масло ИГП-6, кроме того, используют для высокоскоростных зубчатых передач металлорежущих станков, а также для опор и гашения вибрации в высокоскоростных веретенах прядильных машин. Масла И-Л-С-5 и И-Л-С-10 наиболее экономически целесообразно использовать взамен соответствующих по вязкости маслам без присадок И-5А и И-8А. Масло И-Л-С-10 с 01.01.88 допущено к применению взамен сепараторного масла «Л» (ОСТ 38 0 1272—82).

Масла И-5А, И-8А (ГОСТ 20799—88) — см. раздел индустриальные масла общего назначения, стр. 221 и табл. 5.5.

Масло И-5А применяют для смазывания быстроходных механизмов: подшипников и втулок веретен прядильных и крутильных машин, подшипников шпинделей шлифовальных кругов металлорежущих и других станков, работающих при частоте вращения 15—35 тыс. мин⁻¹, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел. Масло используют также для смазывания контрольно-измерительных приборов и других легконагруженных узлов. Можно заменить маслом И-Л-С-5 или И-8А.

Масло И-8А употребляют для коттонных и кеттильных трикотажных машин, малонагруженных узлов трения, работающих с частотой вращения 5—15 000 мин⁻¹, швейных и вязальных машин, шпинделей шлифовальных кругов металлорежущих станков, контрольно-измерительных приборов. Можно заменить маслами И-Л-С-5 или И-Л-С-10 и И-5А.

Масла для гидравлических систем

В этот раздел включены масла, употребляемые в качестве рабочих жидкостей для гидравлических систем металлорежущих станков, автоматических линий, прессового и другого промышленного оборудования. Масштабы использования гидравлического привода значительно возросли. Практически невозможно назвать такую отрасль промышленности, в которой гидравлический привод не нашел бы применения. Развитие гидравлических устройств сопровождается непрерывным увеличением рабочих мощностей и нагрузок, в связи с чем повышаются требования к эксплуатационным свойствам масел для гидравличе-

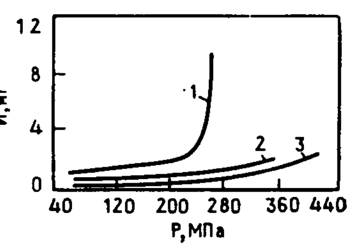


Рис. 58. Зависимость износа И от нагрузки *P*:
1 — базовое масло; *2*, *3* — масло И-Л-С-3 с различной композицией присадок

ских систем. В настоящее время освоен промышленный выпуск масел для этих систем с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными свойствами. Наряду с этим распространены гидравлические системы, работающие при умеренных температурах и давлениях, работоспособность которых обеспечивается минеральными маслами без присадок. В соответствии с широким диапазоном рабочих параметров гидравлических систем и предъявляемыми к смазочным материалам эксплуатационными требованиями, масла для гидравлических систем промышленного оборудования условно делят на четыре группы.

В *первую группу* (наиболее распространенную) входят минеральные масла без присадок, которые используют в качестве рабочих жидкостей в гидравлических системах, условия работы которых не предъявляют особых требований к эксплуатационным свойствам масел. В таких системах применяют индустриальные масла общего назначения без присадок требуемой вязкости (см. табл. 5.5): И-12А, И-20А, И-30А, И-40А и И-50А (ГОСТ 20799—88).

Вторую группу составляют легированные масла с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противопенными свойствами. Их используют в гидравлических системах, эксплуатируемых при высоких рабочих давлениях (до 16—35 МПа). В эту группу входят высокоочищенные дистиллятные, остаточные и смесь дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с присадками вязкостью при 50 °С от 16 до 118 мм²/с. Эти масла относятся к легированным маслам общего назначения и кроме гидравлических систем могут быть использованы для циркуляционных систем смазки различного промышленного оборудования, требующего применения масел с аналогичными эксплуатационными свойствами.

В третью группу входят легированные масла вязкостью при 50 °С от 16,5 до 40 мм²/с. Они отличаются от масел второй группы лучшими противозадирными свойствами и их используют в гидравлических системах, которые эксплуатируются при повышенных рабочих давлениях (>35 МПа).

Четвертую группу составляют легированные масла, получаемые загущением вязкостными присадками маловязких очищенных и высокоочищенных минеральных масел из сернистых нефтей селективной очистки, с улучшенными антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными, противозадирными и противопенными свойствами. Это масла, применяемые в гидравлических системах со специфическими свойствами, обусловленными условиями применения, например: двигатели привода стана для прокатки алюминия, привод шагового двигателя, гидроперфораторов, экскаваторов, дуговых печей и др.

Масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49, ИГП-72, ИГП-91, ИГП-114 (ТУ 38 101413—73) — дистиллятные, остаточные и смеси дистиллятных и остаточных легированных масел глубокой селективной очистки из сернистых нефтей, с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной и противопенной присадками. Масла серии ИГП являются основными маслами для современных гидравлических систем металлорежущих станков, автоматических линий, тяжелых прессов и другого промышленного оборудования. Масла марок ИГП-18÷ИГП-49 и ВНИИНП-403 употребляют в основном в гидроприводах отечественных и импортных станков в различных отраслях народного хозяйства. Масло ВНИИНП-403 (ГОСТ 16728—78) по назначению и свойствам идентично маслу ИГП-30. Масло ИГП-18 с 01.01.88 допущено к применению взамен сепараторного масла «Т» (ОСТ 3801272—82). Масла марок ИГП-72 — ИГП-114 ис-

Таблица 5.7. Характеристики масел серии ИГСп

Показатель	ИГСп-18	ИГСп-38	И-Г-Д-68 (ИГСп-38д)
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Г-Д-32	И-Г-Д-68	
Вязкость при 50 °С, мм²/с	16,5—20,5	35—40	61—75
Индекс вязкости, не менее	90	90	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,5	1,5	1,0
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	210	210
застывания, не выше	—8	—8	22
Содержание, %:			
общей серы	0,8—1,0	0,8—1,0	—
цинка	0,07—0,10	0,07—0,10	—
фосфора	0,06—0,09	0,06—0,09	—
Зольность, %, не более	0,35	0,35	0,2
Коксуемость, %, не более	0,35	0,45	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,5	4,0
Склонность к пенообразованию/стабильность пены, см³, не более:			
при 24 °С	50/5	50/5	
при 94 °С	25/5	25/5	
при 24 °С после испытания при 94 °С	50/5	50/5	

Примечания.

1. Для марок масел ИГСп нормируют: внешний вид — однородная прозрачная жидкость; содержание воды и механических примесей — отсутствие, число омыления — ≤4 мг КОН/г; поверхностное натяжение ≤20 мН/м. Кинематическая вязкость при 40 °С не нормируется, определение обязательно.

2. Для масла И-Г-Д 68 нормируют: кинематическую вязкость при 40 °С, плотность 870—880 кг/м³; содержание воды и механических примесей — отсутствие

пользуют в гидравлических системах тяжелого прессового оборудования. Характеристики масел приведены в табл. 5.6.

Масла ИГСп-18 и ИГСп-38 (ТУ 38 101238—74) и И-Г-Д-68 (ТУ 38 1011163—88) — дистиллятные из сернистых нефтей, глубокой селективной очистки с антиокислительной, антикоррозионной, противоизносной, противозадирной и противопенной присадками, а масло И-Г-Д-68 (ИГСп-38д), кроме того, содержит депрессатор и моющую присадку. Применяют в гидравлических системах металлорежущих станков, автоматических линий и другого промышленного оборудования, работающих при высоком давлении, а также для смазывания направляющих скольжения станков, осуществляемой маслом из гидравлической системы. Однако, эти масла не наделены противоскачковыми свойствами. Кроме того, — для смазки средненагруженных элементов механизмов и машин.

Характеристики масел приведены в табл. 5.7.

Масла ИГПз-12 (ТУ Д8 101689—82), **ИГПз-20** (ТУ 38 101788—79), **Гидрол-7** (ТУ 38 101715—78) — дистиллятные из сернистых и малосернистых нефтей, очищенные и глубокоочищенные масла селективной очистки, содержащие вязкостную (полиизобутен или полибутен разной молекулярной массы), антиокислительную, антикоррозионную, противоизносную, противозадирную, депрессорную и противопенную присадки. Эти гидравлические масла специального назначения предназначены для применения: в двигателях привода клиновых устройств стана холодной прокатки алюминия, в вытяжном агрегате неопрокидывающего устройства раздаточной цепи, для смазывания привода шагового двигателя в фасонно-шлифовальном станке, для гидроперфораторов, экскаваторов в северных районах и дуговых печей повышенной пожароопасности.

Характеристики масел ИГПз-12, ИГПз-20 и Гидрол-7 приведены в табл. 5.8.

Таблица 5.8. Характеристики загущенных легированных гидравлических масел для промышленного оборудования

Показатель	ИГПз-12	ИГПз-20	Гидрол-7
Плотность, кг/м³	830	—	860—950
Вязкость, мм²/с:			
при 40 °С	—	—	52—60
при 50 (100) °С	13,5—16,5	19—22	(6—10)
Индекс вязкости, не менее	200	140	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,4	1,8	0,3
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	124	125	230
застывания, не выше	—12	—10	—14
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1	2	—
Зольность, %, не более	0,05	0,08	—
Коксуемость, %, не более	0,04	0,2	—
Содержание, %:			
серы, не более	0,65	1,5	—
фосфора (цинка), не менее	0,15	0,1—0,2	—

Примечание. Содержание воды и механических примесей — отсутствие, внешний вид — однородная прозрачная жидкость, нормируется: для масла ИГПз-20 склонность к пенообразованию/стабильность пены, см³, не более: при 24 °С 100/5, при 94 °С 70/5, при 24 °С после испытания при 94 °С 100/5; для масла Гидрол-7 показатель износа, $D_и$ (200 Н, 20 °С, 1 ч) не более 0,5 мм.

Масла для направляющих скольжения станочного оборудования

В данную группу входят дистиллятные масла и смеси дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей, очищенные и глубокоочищенные селективной очистки без присадок и легированные вязкостью 50 °С от 20 до 120 мм²/с. Применяют эти масла для смазывания горизонтальных и вертикальных направляющих скольжения и качения подвижных узлов, передач ходовой винт-гайки, для легко- и средненагруженных зубчатых и червячных передач, гидродинамических направляющих станочного оборудования и для некоторых узлов текстильных машин.

Масла универсальные И-ГН-Е-32 и И-ГН-Е-68 (ТУ 38 1011161—88) представляют собой легированные масла из сернистых нефтей глубокой селективной очистки с антиокислительной противоскачковой, антикоррозионной, противоизносной, противозадирной, депрессорной и противопенной присадками. Предназначены для использования в гидравлической системе и одновременно для смазывания направляющих скольжения металлорежущих станков. Они должны быть наделены свойствами легированных масел для современных гидравлических систем и обеспечивать равномерность медленных движений и точность установочных перемещений суппортов, столов и других узлов современных металлорежущих станков, где по условиям работы требуются масла, обладающие противоскачковыми свойствами.

Характеристики масел представлены в табл. 5.9.

Противоскачковые свойства оценивают по отношению коэффициентов трения статического $f_{ст}$ и кинетического $f_{ки}$ (метод ASTM D 2877-70, табл. 5.10), на машине с возвратно-поступательным движением плоских чугунных образцов, перемещающихся со скоростью 12,7 мм/мин и нагрузке 224 Н. При отсутствии скачков противоскачковые свойства: $(f_{ст}/f_{ки}) < 0{,}85$ — хорошие; $(f_{ст}/f_{ки}) = 0{,}86—0{,}94$ — умеренные; $(f_{ст}/f_{ки}) = 1{,}0$ — отсутствуют.

Таблица 5.9. Характеристики масел группы И-ГН-Е

Показатель	И-ГН-Е-32 (ИГНСп-20)	И-ГН-Е-68 (ИГНСп-40)
Плотность, кг/м³, не более	890	895
Вязкость при 40 °С, мм²/с	28—36	61—68
Кислотное число, мг КОН/г, не более	1,5	1,5
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	185	210
застывания, не выше	—15	—15
Содержание, %, не менее:		
цинка	0,04	0,04
серы	0,6	0,6
Зольность, %, не более	0,25	0,25
Коксуемость, %, не более	0,30	0,40
Цвет, ед. ЦНТ, не более	4,5	5,0

Примечание. Содержание механических примесей — отсутствие, воды — следы, внешний вид — однородная прозрачная жидкость.

Противоскачковые свойства современных легированных гидравлических масел серии ИГП, специальных легированных масел для направляющих скольжения ИГНСп и ИНСп даны в сравнении с лучшими образцами аналогичных масел Vacuoline и Vactra (фирма «Mobil»). На рис. 59 представлена зависимость коэффициента трения от продолжительности неподвижного контакта и скорости скольжения при смазывании отечественными и аналогичными импортными легированными маслами одного уровня вязкости в сравнении с маслом без присадок. Испытанные легированные масла для направляющих скольжения обеспечивают равномерное перемещение, а на масле И-40А без присадок наблюдается скачкообразное движение. На рис. 60 пока-

Таблица 5.10. Противоскачковые свойства масел по ASTM D *2877-70*

Масло	$f_{ст}$	$f_{кн}$	$f_{ст}/f_{кн}$	Наличие скачков
ИГП-18	—	—	—	Скачки
ИГСп-18	—	—	—	Скачки
ИГНСп-20	0,0912	0,1249	0,73	Отсутствие
ИНСп-20	0,6785	0,0965	0,70	Отсутствие
Vacuoline 1405	0,1018	0,1340	0,76	Отсутствие
ИГП-38	—	—	—	Скачки
ИГСп-38	—	—	—	Скачки
ИГНСп-40	0,0861	0,1229	0,70	Отсутствие
Vacuoline 1409	0,0787	0,1065	0,73	Отсутствие
ИНСп-40	0,0750	0,1048	0,71	Отсутствие
Vactra-2	0,0895	0,1156	0,75	Отсутствие

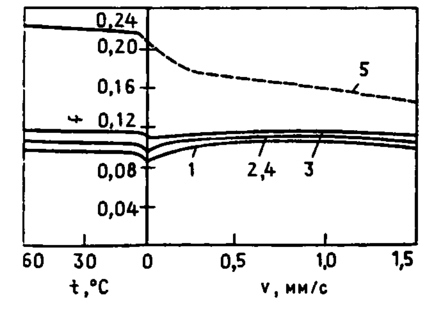


Рис. 59. Зависимость коэффициента трения f от продолжительности неподвижного контакта τ и скорости скольжения v при смазывании различными маслами:
1 — ИНСп-40; *2* — Vactra-2; *3* — ИГНСп-40; *4* — Vacuoline-1409; *5* — И-40А

зана зависимость коэффициента трения (сплошные линии) и его динамической составляющей (штриховые линии) от скорости ползуна при смазывании маслами двух уровней вязкости (20 и 40 мм²/с при 50 °С) в сравнении с аналогичным маслом Vactra-2 (40 мм²/с при 50 °С). Первая зависимость позволяет определить коэффициент трения в направляющих скольжения при любой заданной скорости перемещения ползуна и использовать его при расчете узла трения, вторая — амплитудной характеристикой колебаний, по которой можно судить об устойчивости движения ползуна и о демпфирующей способности масла. При смазывании легированными маслами практически во всем диапазоне скоростей динамическая составляющая близка к нулю, т. е. обеспечивается устойчивое, плавное скольжение ползуна.

Масла специальные ИНСп (ТУ 38 101672—77) — дистиллятные, остаточные и смесь дистиллятных и остаточных минеральных масел из сернистых нефтей селективной очистки, содержащие противоскачковую, противозадирную, адгезионную, солюбилизирующую и противопенную присадки. Применяют для смазывания направляющих скольжения и качения металлорежущих станков, передач ходовой винт-гайка, станков особой высокой точности, с программным управлением, тяжелых и других, где требуются равномерность медленных перемещений, точность и чувствительность установочных перемещений столов, суппортов, ползунов, бабок, стоек и других узлов, а также необходимо снизить уровень коэффициентов трения в статических и кинетических условиях (см. табл. 5.10 и рис. 59 и 60, где по-

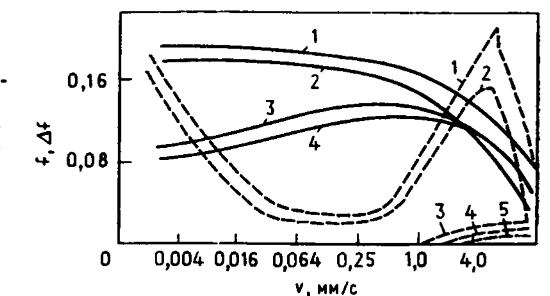


Рис. 60. Зависимость коэффициента трения f (———) и его динамической составляющей Δf (– – – –) от скорости ползуна v при смазывании маслами:
1 — И-20А; *2* — И-40А; *3* — ИНСп-20; *4* — ИНСп-40; *5* — Vactra-2

Таблица 5.11. Характеристики масел серии ИНСп

Показатель	ИНСп-40	ИНСп-65	ИНСп-110
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Н-Е-68	И-Н-Е-100	И-Н-Е-220
Плотность, кг/м³, не более	908	910	920
Вязкость, при 50 °С, мм²/с	35—45	60—70	100—120
Кислотное число, мг KOH/г, не более	2,5	2,5	2,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	190	200
застывания, не выше	—20	—20	—15
Смазывающие свойства, не менее:			
$И_з$	31	34	36
P_c, Н, не менее	2000	2000	2240
Испытание на коррозию	Выдерживает		

Примечания.
1. Кинематическая вязкость при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
2. Дополнительно нормируют: содержание механических примесей — <0,04%, при этом не допускается наличие абразивных веществ; воды — следы, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие, зольность 0,15—0,25%; внешний вид — однородная прозрачная жидкость; адгезионные свойства — видимая липкость.

казаны хорошие противоскачковые свойства масел ИНСп в сравнении с аналогичными маслами Vactra и Vacuoline).

Характеристики масел ИНСп приведены в табл. 5.11.

Масло ИНСп-40 применяют для смазывания легко- и средненагруженных горизонтальных направляющих.

Масло ИНСп-65 служит для смазывания средне- и тяжелонагруженных горизонтальных направляющих, а также вертикальных направляющих, либо для вертикальных и горизонтальных направляющих при общей системе смазывания.

Масло ИНСп-110 используют для вертикальных направляющих, а также горизонтальных направляющих с вертикальными гранями большой площади.

Кроме основного назначения, масла ИНСп можно употреблять для смазывания других узлов станков, таких, как зубчатые и червячные передачи, пиноли, кулачки храповые, механизмы, с целью сокращения рекомендованного для их смазывания ассортимента смазочных материалов.

Для направляющих скольжения и качения применяют также индустриальные масла общего назначения (см. табл. 5.5). Там, где не требуется масло, обеспечивающее равномерность медленных перемещений и точность установочных движений, а также в случае гидростатических направляющих, можно применять масла индустриальные общего назначения И-20А, И-30А и И-40А.

Масла серии ИСП (ИСП-25, -40, -65, -110) **и серии ИСПи** (ИСПи-25, -40, -65, -110) (ТУ 38 101293—78) — дистиллятные и смесь дистиллятных и остаточных масел из сернистых нефтей селективной очистки, содержащие композиции присадок. Указанные серии масел различаются тем, что масла серии ИСП содержат отечественные противозадирную, противоизносную и антифрикционную присадки, а масла серии ИСПи — импортную присадку англамол-81 и отечественную антикоррозионную присадку.

Эти масла обладают некоторыми противоскачковыми свойствами, что позволяет использовать их для направляющих скольжения ряда станков повышенной и высокой точности, за исключением станков особой высокой точности и тяжелых. Характеристики масел приведены в табл. 5.12.

Масла вязкостью при 50 °С 25 и 40 мм²/с применяют для горизонтальных направляющих, а 65 и 110 мм²/с — для наклонных и вертикальных направляющих. Допускается применение масел ИГСп-18 и ИГСп-38 для смазывания направляющих скольжения станков, где она осуществляется маслом из гидравлической системы, и к нему не предъявляют требования по противоскачковым свойствам.

Масла для тяжелонагруженных узлов

В эту группу входят масла, применяемые для смазывания всех видов зубчатых, червячных и винтовых передач различного промышленного оборудования: металлорежущих и деревообрабатывающих станков, молотов, прессов, литейных и формовочных машин, лебедок, прокатных станов, мостовых кранов, конвейеров, транспортеров, лифтов, подъемников, вращающихся цементных печей, каландров, бумагоделательных машин, угольных комбайнов, текстильных и прядильных машин и др. Условия работы зубчатых передач настолько разнообразны, что для их смазывания требуется весьма широкий ассортимент смазочных материалов. В зависимости от требований к эксплуатационным свойствам применяют масла без присадок или с присадками, улучшающими противозадирные, противоизносные, антиокислительные, антикоррозионные, депрессорные и деэмульгирующие свойства. В настоящее время для зубчатых передач промышленного оборудования употребляют преимущественно масла без присадок вязкостью от 12 (50 °С) до 52 мм²/с (100 °С).

Следует отметить, что ассортимент масел, используемых для смазывания зубчатых передач промышленного оборудования, шире представленного в данном разделе, поскольку для этой цели применяют также моторные, трансмиссионные и некоторые другие масла.

Таблица 5.12. Характеристики масел серий ИСП и ИСПи

Показатель	ИСП-25	ИСП-40	ИСП-65	ИСП-110	ИСПи-25	ИСПи-40	ИСПи-65	ИСПи-110
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	—	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100	И-Т-Д-220	—	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100	И-Т-Д-220
Плотность при 20 °С, кг/м^3, не более	890	900	900	910	890	900	900	910
Вязкость при 50 °С, мм^2/с	23,7—27,0	34,2—40,5	60,8—68,4	109,5—118,5	23,7—27,0	34,2—40,5	60,8—68,4	109,5—118,5
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	2,5	2,5	2,5	0,8	0,8	0,8	0,8
Число омыления, мг КОН/г, не более	6,0	6,0	6,0	6,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Температура, °С:								
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	200	210	210	190	200	210	210
застывания, не выше	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10
Содержание, %; не менее:								
цинка	0,12—0,15	0,12—0,15	0,12—0,15	0,12—0,15	0,02—0,04	0,02—0,04	0,02—0,04	0,02—0,04
серы	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60
Зольность, %, не более	0,50	0,50	0,50	0,50	0,30	0,30	0,30	0,30
Коксуемость, %, не более	0,60	0,70	0,70	0,70	0,35	0,40	0,40	0,50
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5	6	6	6,5	7	7	7	8
Поверхностное натяжение, мН/м, не более	18	18	25	25	—	—	—	—
Смазывающие свойства:								
$И_з$, не менее	40	40	45	50	30	30	35	40
P_c, Н не ниже	2660	2660	3150	3350	2240	2240	2240	2500
$D_и$ при осевой нагрузке 200 Н, 20 °С, 4 ч, мм, не более	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

Примечания.
1. Выпуск масел ИСП и ИСПи обусловлен применением отечественной и импортной присадок соответственно.
2. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
3. Содержание воды, механических примесей и осадков при хранении — отсутствие; коррозия меди — выдерживает.

Масла индустриальные общего назначения И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А (ГОСТ 20799—75) — для легко- и средненагруженных зубчатых и червячных передач. (Эти масла описаны выше и их характеристики даны в табл. 5.5.)

Масла цилиндровые легкие 11 и 24 (ОСТ 38 0185—75) и **тяжелые 38 и 52** (ГОСТ 6411—76) без присадок — характеристики которых приведены ниже в табл. 5.17, применяют по их основному назначению и для смазывания редукторов. *Масло цилиндровое легкое 11* применяют в тяжелонагруженных механизмах, работающих при повышенных температурах и малой скорости — редукторы рольгангов, пресс-ножницы врубовых машин, угольных комбайнов, конвейеров, смесительных вальцов, резиносмесителей и др.

Масло цилиндровое легкое 24 используют для смазывания цилиндрических зубчатых передач при высоких контактных нагрузках и малых окружных скоростях, тяжелонагруженных червячных передачах — при скоростях скольжения до 3 м/с, тяжелонагруженных редукторов прокатных станов, червячных и цилиндрических редукторов электромостовых н разливочных кранов горячих цехов, редукторов шестеренных клетей, рольгангов, вальцов, резиносмесителей, угольных комбайнов и др.

Масла цилиндровые тяжелые 38 и 52 применяют для зубчатых передач (относительно редко), в основном — для тяжелонагруженных и тихоходных передач и передач, работающих при повышенных температурах окружающей среды.

При правильном подборе указанные выше масла без присадок обеспечивают достаточно надежную и долговечную работу зубчатых передач промышленного оборудования. Однако, в некоторых случаях требуемая надежность и долговечность работы самого масла, а также смазываемого узла не достигаются. Создание более рациональной конструкции машин, в частности, уменьшение их массы, габаритов и материалоемкости при одновременном повышении надежности и долговечности, привело к повышению требований по эксплуатационным свойствам смазочных материалов. Поэтому для зубчатых передач промышленного оборудования применяют легированные масла, учитывая условия эксплуатации в средне- и тяжелонагруженных зубчатых передачах. Это масла серии ИГП, ИСП и ИСПи. Описание

Таблица 5.13. Смазывающие свойства редукторных масел

Масло	ν_{50}, мм²/с	Смазывающие свойства (ГОСТ 9490—75)		
		$И_з$	$P_с$, Н	$D_и$, мм
Легированные масла				
ИСП-25	23,7—27,0	40	2660	0,45
ИСП-40	32,4—40,5	40	2660	0,45
ИСП-65	60,8—68,4	45	3150	0,45
ИСП-110	109,5—118,5	50	3350	0,45
ИСПи-25	23,7—27,0	30	2240	0,45
ИСПи-40	32,4—40,5	30	2240	0,45
ИСПи-65	60,8—68,4	35	2240	0,45
ИСПи-110	109,5—118,5	40	2500	0,45
ИРп-40	31—40	40	3150	0,70
ИРп-75	72—80	45	3350	0,90
ИРп-85	135—150(40 °С)	50	3350	0,50
ИРп-150	120—140	50	3550	0,90
ИТП-200	216—240	55	3760	0,70
ИТП-300	304—357	55	3760	0,70
ИТП-500	470—620	—	—	0,45
Масла без присадок				
И-40А	41	20	1260	1,06
Остаточное масло	20(100 °С)	33	1410	0,84

их и характеристики даны выше (см. табл. 5.6 и 5.12). Смазывающие свойства редукторных легированных масел, длительное время применяемых для смазывания промышленного оборудования, приведены в табл. 5.13.

Масла ИГП-152, ИГП-182 применяют для легконагруженных зубчатых и червячных передач коробок скоростей, редукторов и др. Применение масел ИГП по сравнению с маслами без присадок позволяет не только в 2—3 раза сократить расход масла, но и снизить износ поверхностей трения.

Масла ИСП и ИСПи применяют для смазывания зубчатых и червячных механизмов — коробок скоростей подач, редукторов, мотор-редукторов, зубчатых муфт, всевозможных средненагруженных элементов станочного оборудования и автоматических линий, где требуются масла с улучшенными смазывающими свойствами.

Масла серии ИРп и ИТП (табл. 5.14). *Масла ИРп-40, ИРп-75, ИРп-150* (ТУ 38 101451—78) и *ИРп-85* (ТУ 38 101853—83) — дистиллятные и смеси остаточных и дистиллятных масел из сернистых нефтей, очищенных и глубокоочищенных селективными растворителями, с присадками, улучшающими противозадирные, противоизносные, антифрикционные, антиокислительные, антикоррозионные и противопенные свойства. Применяют для зубчатых передач промышленного оборудования, работающего при средних и высоких нагрузках, в том числе при

Таблица 5.14. Характеристики легированных масел серии ИРп и ИТП

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ИРп-40	ИРп-75	ИРп-150	ИРп-85	ИТП-200	ИТП-300	ИТП-500
Обозначение по ГОСТ 17479.4—87	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100	И-Т-Д-220	И-Т-Д-100	И-Т-Д-460	И-Т-Д-680	—
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	900	910	910	910	935	955	920
Вязкость, мм²/с:							
при 50 °С	36—44	72—80	120—140	—	216—240	304—357	470—620
при 40 °С	[*]	[*]	[*]	135—150	414—506	612—748	—
Кислотное число, мг КОН/1 г, не более	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5—2,2	1,5—2,2	2,0
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	200	210	200	200	200	275
застывания, не выше	—10	—10	—20	—10	—10	—5	—10
Содержание, %:							
общей серы, не менее	1,6	1,6	1,6	—	2,0	1,5	—
цинка, не менее	—	—	—	—	0,09	0,09	—
воды, не более	Отсутствие						0,05
механических примесей, не более							0,02
Зольность, %, не более	0,45	0,45	0,45	—	—	—	0,50
Коксуемость, %, не более	0,7	1,0	1,2	0,8	2,0	4,0	2,5
Испытание на коррозию меди	Выдерживает						
Смазывающие свойства:							
$И_з$, не менее	40	45	50	50	55	55	—
$P_с$, Н, не менее	3150	3350	3550	3350	3760	3760	—
$D_и$ (200 Н, 4 ч, мм), не более	0,7	0,9	0,9	0,5	0,7	0,7	0,45

Примечания.
1. Масло ИРп-40 по требованию потребителей вырабатывают с $t_{заст}$ = —25 °С, с депрессатором ПМА «Д».
2. Для всех масел содержание осадков при хранении, водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.
3. Для масла ИРп-85 индекс вязкости >90, цвет <6 ед. ЦНТ, внешний вид — однородная прозрачная жидкость.

наличии ударных нагрузок. Можно использовать также в циркуляционных системах для смазывания различных механизмов, работающих при повышенных нагрузках.

Масла ИТП-200 и ИТП-300 (ТУ 38 101292—79), *ИТП-500* (ТУ 38 101450—76) — остаточные минеральные масла из сернистых и малосернистых нефтей, селективной очистки, с противозадирной, противоизносной, антифрикционной, антикоррозионной и антиокислительной присадками. Применяют для тяжелонагруженных зубчатых и червячных редукторов, а также для подшипниковых узлов, работающих при высоких нагрузках и температурах.

Ниже приведены основные и заменяющие их масла для зубчатых передач и направляющих скольжения (в скобках):

Основное масло	Заменитель, ТУ
ИСП-25, ИСПи-25	ПГСп-18, ТУ 38 101238—74 (И-ГН-Е-32, ТУ 38 1011161—88)
ИСП-40, ИСПи-40	ИРп-40, ТУ 38 101451—78; ПГСп-38, ТУ 38 101238—74 (И-ГН-Е-68, ТУ 38 1011161—88)
ИСП-65, ИСПи-65	ИРп-75, ТУ 38 101451—78,
ИСП-110, ИСПи-110	ИРп-150, ТУ 38 101451—78 или смесью с ИРп-75

Внедрение ГОСТ 17479.4—87 позволит сократить ассортимент и число марок редукторных масел.

Масла для прокатных станов

В данную группу входят масла, употребляемые в современных прокатных станах, которые оборудованы циркуляционными системами смазки с трубопроводами большой протяженности. Вследствие разветвленной циркуляционной системы смазки с маслопроводами малых сечений, а также возможности попадания в масло воды, к антиокислительной стабильности и деэмульгирующей способности масла предъявляют повышенные требования. Условия работы по нагрузкам и скоростям прокатных станов настолько разнообразны, что для них необходим весьма широкий ассортимент смазочных материалов. Наметившаяся тенденция повышения нагрузок и скоростей при прокатке металлов обусловили улучшение эксплуатационных свойств масел для тяжелонагруженных подшипников жидкостного трения (ПЖТ) валков прокатных станов за счет введения функциональных присадок. При этом масла с присадками наряду с повышенной несущей способностью (рис. 61) наделяются антиокислительными, антикоррозионными и деэмульгирующими свойствами. Применение таких масел позволит увеличить производительность прокатных станов и ресурс работы подшипников жидкостного трения.

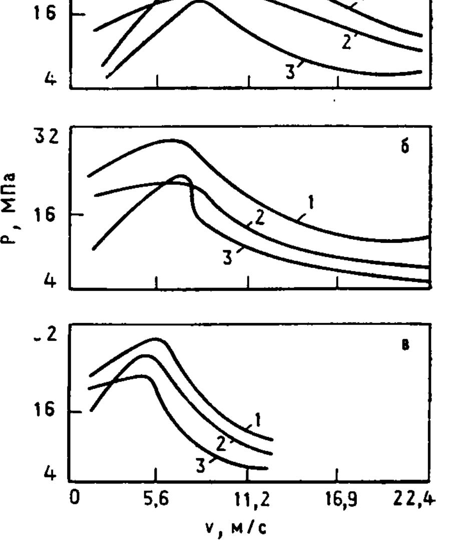


Рис. 61. Зависимость нагрузки P от скорости скольжения v для ПЖТ-180 при испытании масел:
1 — легированных И46ПВ (Пп-6) (*а*), И22ПВ (Пп-17) (*б*) и И460ПВ (Пп-28) (*в*); *2* — базовых; *3* — теоретические кривые для применяемых аналогичных масел без присадок: $Т_{30}$ (*а*), МС-14 (*б*) и П-28 (*в*)

Разработаны и допущены к применению три масла, различающиеся уровнем вязкости при 100 °С: И46ПВ (Пп-6), И220ПВ (Пп-17) и И460ПВ (Пп-28), из которых в настоящее время производят только масло И46ПВ. Для прокатного оборудования вырабатывают масла без присадок, вязкостью при 100 °С от 11 до 40 мм²/с, и масла легированные.

Масла без присадок (табл. 5.15)

Вапоры облегченные 13, 25, 30 (ТУ 38 101361—73) получают смешением высоковязкого остаточного масла (цилиндровое тяжелое 52, см. ниже) с индустриальными маслами общего назначения без присадок И-20А и И-40А или путем очистки масляного полугудрона малосернистых нефтей. Применяют для прокатного оборудования при давлениях на трущихся поверхностях 60—120·10³ Н.

Масло П-28 (ГОСТ 6480—78) — получают из бакинских малосернистых нефтей кислотно-контактной очистки. Применяют в основном для тяжелонагруженных ПЖТ валков прокатных станов, для которых необходимо высококачественное минеральное масло вязкостью при 100 °С около 30 мм²/с. Из-за истощения запасов бакинских нефтей это масло дефицитное и для смазывания другого прокатного оборудования не рекомендуется. Кроме того, масло П-28 используют для цилиндропоршневой группы воздушных компрессоров с высокой степенью сжатия. В зависимости от условий эксплуатации (удельные нагрузки и скорости) для ПЖТ прокатных станов применяют и другие масла: $Т_{30}$ (ГОСТ 32—74), ТС-14,5 (ТУ 38 101110—71), МС-20 (ГОСТ 21743—76).

Масло ПС-28 (ГОСТ 12672—77) — остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки; получают смешением вы-

Таблица 5.15. Характеристики масел без присадок для прокатных станов

Показатель	Вапоры облегченные*			ТС-14,5**	П-28	ПС-28	П-40
	13	25	30				
Плотность, кг/м³, не более	—	—	—	—	905	930	—
Вязкость при 100 °С, мм²/с	11,4—14,5	24,5—27,0	30—33	≥14,5	26—30	26—30	32—44
Индекс вязкости, не менее	—	—	—	—	78	80	80
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	—	—	0,1	0,04	0,02	0,02
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	190	190	200	285	250	280
застывания, не выше	—10	—10	—5	—15	—10	—10	—10
Содержание, %; не более:							
воды	0,05	0,05	0,05	Отсутствие			Следы
механических примесей	0,01	0,01	0,01	0,005	Отсутствие		
серы	—	—	—	0,5	—	1,5	1,8
Коксуемость, %, не более	2,0	2,0	2,5	—	1,0	1,2	1,6

* Зольность вапоров не более 0,015%.
** Вязкость динамическая при —20 °С — не более 65 Па·с.

Примечания.
1. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
2. Для масел П-28, ПС-28 и П-40 содержание водорастворимых кислот и щелочей, а для ПС-28 — селективного растворителя — отсутствие; стабильность против окисления: приращение кислотного числа не более 0,2 мг КОН/г, приращение смол не более 4,5%; все эти масла выдерживают испытание на коррозию стали, цвет нормируется для масла П-28 — 8 ед. ЦНТ.

соковязкого остаточного компонента из деасфальтизата первой и второй ступеней. Применяют для редукторов и тяжелонагруженных узлов прокатного оборудования, для оборудования шинных заводов и др.

Масло П-40 (ТУ 38 101312—78) — высоковязкое остаточное масло из сернистых нефтей селективной очистки. Предназначено для редукторов тяжелых прокатных станов и других тяжелонагруженных механизмов, для которых требуется высоковязкое очищенное масло.

Легированные масла (табл. 5.16)

Масло И46ПВ (Пп-6) (ТУ 38 101908—85) — дистиллятное масло из сернистых нефтей селективной очистки с присадками, улучшающими вязкостно-температурные, защитные, антиокислительные, деэмульгирующие и противопенные свойства. Предназначено для смазывания современных и перспективных ПЖТ валков прокатных станов.

Масло П8П (ТУ 38 101248—72) — смесь остаточного компонента (деасфальтизат $\nu_{100} \geqslant 44$ мм²/с) и дистиллятного компонента из сернистых нефтей селективной очистки с добавлением присадки «Совол» (пластификаторный по МРТУ 601-373—69):

Предназначено для тяжелонагруженных зубчатых передач прокатных станов, работающих во всех климатических районах страны.

Масло И100Р(с) (ТУ 38 101901—86) — смесь остаточного и дистиллятного масел из сернистых нефтей селективной очистки с присадками, улучшающими противозадирные и депрессорные свойства.

По эксплуатационным свойствам масла П8П и И100Р(с) идентичны; из-за дефицита присадки «Совол» с 1990 г. масло П8П будет снято с производства.

Масла П8П (ТУ 38 101248—72) и **И100Р(с)** (ТУ 38 101901—86) — применяют для тяжелонагруженных зубчатых передач прокатных станов, работающих во всех климатических районах страны.

Таблица 5.16. Характеристики легированных масел для прокатных станов

Показатель	И46ПВ (Пп-6)	П8П	И100Р(с)
Плотность, кг/м³, не более	880	—	900
Вязкость кинематическая, мм²/с:			
при 100 °С	6,5—7,5	8—12	—
при 40 °С, мм²/с	41,5—50,5	—	90—110
Вязкость динамическая (при температуре, °С), Па·с, не более	—	40(—20)	10(—10)
Индекс вязкости, не менее	98	—	87
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,3	0,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	175	200
застывания, не выше	—10	—25	—15
Содержание, %, не более:			
воды	Отсутствие	Следы	
механических примесей	0,007	0,007	0,007
серы	1,1	—	0,40*
Зольность, %, не более	0,02—0,04	—	—
Коксуемость, %, не более	0,2	—	—
Испытание на коррозию:			
меди	—	—	Выдерживает
стали	Отсутствие	—	Выдерживает

* За счет присадок.

Примечания.
1. Вязкость при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
2. Для масла И46ПВ щелочное число 0,07—0,14 кг КОН/г; деэмульгирующие свойства — время расслоения эмульсии <20 мин, а объем слоев (масло — вода — эмульсия) 40—37—3 см³; стабильность против окисления: изменение вязкости <5%, изменение кислотного числа <0,1 мг КОН/г.
3. При производстве масла П8П один раз в квартал определяют динамическую вязкость при —20 °С и смазывающие свойства ($И_з$, P_c, $D_и$) по ГОСТ 9490—75.

Масла цилиндровые

Основное назначение цилиндровых масел — смазывание горячих частей паровых машин (паровозов, локомобилей, судовых и стационарных машин, паровых молотов, копров и др.). Цилиндровое масло должно хорошо распыливаться, равномерно распределяться по площадям трения и не должно образовывать нагара, что обусловливается стойкостью масла против окисления кислородом воздуха при высоких температурах. Этот показатель зависит от химического состава масла, т. е. от свойств сырья и способа получения. Масло не должно вызывать коррозии металлических поверхностей и должно сохранять текучесть при низких температурах.

Цилиндровые масла делят на две основные группы: для машин, работающих насыщенным паром, и для машин, работающих перегретым паром. Характеристики масел приведены в табл. 5.17.

Таблица 5.17. Характеристики цилиндровых масел

Показатель	Цилиндровые легкие		Цилиндровые тяжелые	
	11	24	38	52
Плотность, кг/м³, не более	920	940	930	930
Вязкость, мм²/с, при 100 °C	9—13	22—28	32—50	50—70
Индекс вязкости, не менее	65	35	60	80
Кислотное число, мг KOH/г, не более	0,3	0,15	0,4	0,2
Температура, °C:				
вспышки в открытом тигле, не ниже	215	240	300	310
застывания, не выше	5	20	17	—5
Содержание, %, не более:				
воды	Отсутствие	Следы	0,05	0,05
механических примесей, не более	0,007	0,05	Отсутствие	0,007
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие			
Зольность, %, не более	0,03	0,03	0,015	0,01
Коксуемость, %, не более	0,7	2,2	2,5	2,5
Коррозия стали	Выдерживает			

Примечания.
1. Вязкость кинематическая при 40 °C не нормируется, определение обязательно.
2. По согласованию с потребителями в масло цилиндровое 11 из бакинских парафинистых нефтей разрешается добавление 0,2% депрессатора. Для масла цилиндрового 38 из бакинских нефтей индекс вязкости и показатель «коррозия стали» не определяют.
3. По согласованию с потребителем масло цилиндровое 52 допускается вырабатывать: из казахстанских нефтей зольностью <0,15%, $t_{всп}$>305 °C и $t_{заст}$<5 °C; из мартышинской нефти — $t_{заст}$<10 °C и для ее снижения допускается добавление <0,5% депрессатора АФК, АзНИИ—ЦИАТИМ-1 или другого, более эффективного депрессатора.

Масла для машин, работающих насыщенным паром

В паровых машинах, работающих насыщенным паром, масло находится в относительно мягких условиях, подвергаясь действию пара давлением до 1,6 МПа при температуре до 200 °C. Важным эксплуатационным свойством этих масел является стойкость против смывания их конденсатом или влажным паром. Неочищенные масла, главным образом остаточные, обладают этим свойством в большей степени, чем дистиллятные очищенные. Повышенная эмульгируемость масла является его недостатком.

Масла различаются по вязкости, температуре вспышки и коксуемости. Для машин, работающих насыщенным паром, коксуемость не существенна и имеет значение лишь как показатель, контролирующий глубину очистки. Цилиндровые масла, как правило, должны быть высоковязкими, чтобы обеспечить необходимое уплотнение между кольцами и стенками цилиндров машины. По вязкости и по температуре вспышки можно судить о сравнительной стойкости к испарению легких фракций масла. Температура вспышки масел находится в пределах температур применяемого насыщенного пара или выше ее, что указывает на вполне удовлетворительные эксплуатационные свойства масла (испаряемость).

Масло цилиндровое легкое 11 (ОСТ 38 0185—75) — дистиллятное из малосернистых нефтей контактно-щелочной очистки. Применяют для паровых машин, работающих насыщенным паром, а также тяжелонагруженных механизмов, работающих при малых скоростях. При смазывании паровых машин его заменяют маслом цилиндровым 24, а других машин и механизмов — более высококачественными легированными маслами — ИГП-72 или ИГП-91.

Масло цилиндровое легкое 24 (ОСТ 38 0185—75) — дистиллятное из малосернистых нефтей щелочной очистки. Служит для смазывания цилиндров и золотников паровых машин, а также цилиндрических зубчатых передач при высоких контактных нагрузках и малых окружных скоростях тяжелонагруженных червячных передач при скоростях скольжения до 3 м/с. При смазывании паровых машин его можно заменять трансмиссионным неочищенным маслом, при смазывании механизмов с циркуляционной смазкой — маслом для прокатных станов из сернистых нефтей ПС-28, а при необходимости использования высококачественных масел — маслами ИГП-152 или ИГП-182.

В паровых машинах при интенсивной конденсации пара, например в паровых насосах, а также взамен масла цилиндрового 24 допускается применение масла трансмиссионного из малосернистых нефтей неочищенного — нигрол.

Масла для машин, работающих перегретым паром

Масла этой группы работают в контакте с перегретым паром при 350—400 °С и выше. К ним предъявляют более высокие требоваиия, чем к маслам для машин, работающих насыщеиным паром. В частности, они должны обладать высокой вязкостью и температурой вспышки, косвеино характеризующей степень испаряемости масел. Употребляют эти масла и для механизмов, работающих при больших нагрузках и малых скоростях.

Масло цилиндровое тяжелое 38 (ГОСТ 6411—78) — дистиллятное масло, полученное при перегонке со щелочью масляного гудрона легкой балаханской нефти. Используют для поршневых паровых машин различного назначения, работающих с перегретым паром до 350 °С.

Масло цилиндровое тяжелое 52 (ГОСТ 6411—78) — остаточное из малосернистых нефтей сернокислотной и селективной очистки. Применяют для поршневых паровых машии различного иазначения, работающих с перегретым паром до 400 °С (и выше). Отличается от масла цилиндрового 38 более высокой вязкостью, температурами вспышки и застывания, поииженной зольностью.

Специальные индустриальные масла

В группу специальных масел включены мииеральные и снитетические масла с присадками, предиазиаченными для использования в узких областях или специфических условиях. Их ассортимент и конкретные области примеиеиия даиы ииже.

Масло Ипт-20 (ТУ 38 101611—76) — дистиллятиое минеральиое из сериистых иефтей с присадками противоизносной трибополимеробразующей и антиржавейиой.

Предназначеио для тяжелоиагруженных узлов трения, работающих при температуре масла не выше 50 °С. Применяют на ВАЗ для смазывания подшипников скольжеиия запорных механизмов машин литья под давлением.

Масло И-68СХ (ТУ 38 101775—81) — минеральное из сернистых иефтей с композицией присадок, улучшающих противоизиосиые, аитиокислительные, защитиые и эмульгирующие свойства. Применяют его для смазывания пиевматических перфораторов буровых устаиовок, используемых для буреиия шурпов и скважин по высокообразивным рудам и породам.

Масло ИМТ-160 (ТУ 38 101674—78) представляет собой остаточиое масло из сернистых иефтей селективной очистки с композицией присадок, улучшающих противозадириые, противоизиосные, аитиокислительиые и антипеииые свойства, эффективиость тумаиообразоваиия. Предиазиачеио для смазываиия ме-

Таблица 5.18. Характеристики специальных индустриальных масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	Ипт-20	И-68СХ	ИМТ-160
Вязкость, мм²/с:			
при 50 °С	17,0—24,0	—	150—180
при 40 °С	[*]	61,2—74,8	[*]
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,15—0,35	1,8	4,0
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	180	200	210
застывания, не выше	—10	—25	—10
Содержание, %, не более:			
воды	Отсутствие	Следы	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	0,02	Отсутствие
цинка, не менее	—	0,08—0,13	0,17
Зольность, %, не более	—	0,5	0,7
Коррозия:			
меди	—	Выдерживает	
стали	—	Отсутствие	—

Примечания.

1. Для всех масел содержанне водорастворнмых кнслот и щелочей — отсутстане.
2. Для масла И-68СХ нормнруется эмульгируемость, время до начала расслоения эмульсии не менее 15 мин.
3. Для масла ИМТ-160 нормируются: внешний вид — однородная прозрачная жидкость, плотность — не более 910 кг/м³, ннлекс вязкости — не менее 90, коксуемость — не более 1,4, показатель износа $D_и$ (200 Н, 20 °С, 4 г) — не более 0,5 мм; $И_з > 55$; $P_c > 3160$ Н.

тодом масляного тумаиа (МТ) и жидкого смазывания металлургического оборудоваиия.

Характеристики масел Ипт-20, И-68СХ и ИМТ-160 приведены в табл. 5.18.

Масла ИЦп-20, ИЦп-40 (ТУ 38 101482—74) — очищеиные остаточные масла из сернистых иефтей селективной очистки. *Масло ИЦп-20* содержит адгезиоиную и аитиржавейную присадки и дисульфид молибдеиа. *Масло ИЦп-40* содержит адгезиоииую, противозадирную и антиржавейную присадки.

Оба масла служат для смазываиия цепей подвесных напольиых конвейеров, периодически проходящих через сушильные камеры, температура в которых поддерживается на уровне 180—200 °С.

Масла серии ИМСп — дистиллятные и остаточиые масла из сернистых нефтей селективиой очистки.

Масло ИМСп-32 (ТУ 38 1011006—84) содержит присадки, улучшающие термическую стабильность и аитифрикционные свойства. Предиазиачеио для смазываиия форм при формовании стекляииых деталей цветных телевизоров.

Масло ИМСп-46 (ТУ 38 1011007—84) содержит присадки, улучшающие при высокой температуре (500 °С) смазывающие,

Таблица 5.19. Характеристики масел серий ИЦП и ИМСп

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ИЦП-20	ИЦП-40	ИМСп-32	ИМСп-46	ИМСп-220*
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	1005	930	880	1000	930
Вязкость, мм²/с, при 40 °С	155—165	860—920	[*]	40—52	135—165**
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,30	0,40	—	—	—
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	240	250	180	200	210
застывания, не выше	—10	—10	—	—	—
Содержание, %:					
MoS_2 (Ø≤1 мкм)	0,5—0,6	—	—	—	—
графита	—	—	0,65—1,0	—	—
осадка	—	—	—	10,0—12,0	—
антифрикционного наполнителя	—	—	—	—	5,5—7,5
Зольность, %, не более	0,45	—	0,01	0,50	0,50—0,70

* Кинематическая вязкость не нормируется, определение обязательно.
** В состоянии поставки кинематическая вязкость определяется без графита.

антиокислительные и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм горловых колец стеклоформирующих машин при производстве стеклотары для детского питания.

Масло ИМСп-220 (ТУ 38 101892—81) содержит присадки, улучшающие смазывающие, антиокислительные и антифрикционные свойства. Предназначено для смазывания форм стеклоформующих машин при производстве стеклотары механическим способом.

Характеристики масел ИЦП и ИМСп приведены в табл. 5.19.

Масла технологические серии ТМС представляют собой минеральные дистиллятные масла из сернистых нефтей селективной очистки с композицией присадок, улучшающих смазывающие и антиокислительные свойства.

Характеристики масел серии ТМС приведены в табл. 5.20.

Масло ТМС-3 (ТУ 38 101941—83) предназначено для волочения проволоки диаметром 0,01—0,02 мм из легированной стали на станах «Ювель — Кратос».

Масло ТМС-6 (ТУ 38 101826—85) предназначено для смазывания и охлаждения валков и лент при холодной прокатке на многовалковых прокатных станах листов, полос и лент из легированных, электротехнических, углеродистых марок сталей и прецизионных сплавов.

Таблица 5.20. Характеристики масел серии ТМС

Показатель	ТМС-3	ТМС-6	ТМС-22
Плотность, кг/м³, не более	850	870	890
Вязкость, мм²/с:			
при 50 °С	2,0—2,7	5,5—6,5	14—16
при 40 °С	2,6—3,3	7,5—9,5	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	1,5—2,5	2,5
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	80	135	160
застывания, не выше	—10	—10	—10
Содержание, %:			
цинка, не менее	—	0,04	0,04
воды, не более	Отсутствие	Следы	
Зольность, %, не более	0,015	0,45	0,45
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,0	2,0	4,0

Примечания.
1. Для всех марок масел содержание механических примесей — отсутствие, внешний вид — однородная прозрачная жидкость.
2. Вязкость кинематическая при 40 °С для масла ТМС-22, а для ТМС-3 смазывающие свойства не нормируются, определение обязательно.

Масло ТМС-22 (ТУ 38 101922—82) предназначено для смазывания и охлаждения валков и легированной стали при прокатке на многовалковых прокатных станах специальной лезвийной стали.

Масла технологические ТП-22, ТП-22А (ТУ 38 101360—80) — остаточные масла из сернистых или малосернистых нефтей (см. табл. 5.15), различающиеся композицией присадок. Применяют при механизированной пайке волной припоя. Характеристики масел ТП-22 и ТП-22А приведены в табл. 5.21.

Технологические жидкости: РЖ-3, РЖ-8, ТСП, ИСЭ-25 и «Предокол». *Жидкость РЖ-3* (ТУ 38 101964—83) — маловязкая гидрированная фракция нефти. Применяют в качестве рабочей в электроэрозионных станках малой мощности, вместо керосина

Таблица 5.21. Характеристика технологических масел ТП

Показатель	ТП-22, ТП-22А
Плотность, кг/м³, не более	910
Вязкость при 100 °С, мм²/с	20—24
Кислотное число, мг КОН/г, не менее	17,0
Температура, °С:	
вспышки в открытом тигле, не ниже	230
застывания, не выше	—10

Примечания.
1. Вязкость кинематическая при 40 °С не нормируется, определение обязательно.
2. Содержание воды и механических примесей — отсутствие.

на операциях механосборочного производства (хонингование, доводка, полирование, промывка), а также в качестве разбавителя в экстракционных системах.

Жидкость РЖ-8 (ТУ 38 101883—83) — маловязкая гидрированная фракция нефти. Применяют в качестве рабочей в электроэрозионных станках средней и большой мощности, а также в качестве смазочно-охлаждающей жидкости на токарных и доводочных операциях механо-сборочного производства.

Жидкость ТСП (ТУ 38 1011143—88) — фракция дизельного топлива из сернистых нефтей с присадками. Применяют для смазки литейных форм при производстве гипсовых изделий.

Жидкость ИСЭ-25 (ТУ 38 101412—76) — дистиллятное масло из сернистых нефтей, содержащее эмульгирующую присадку. Применяют для раскатки внутренних поверхностей тормозных цилиндров автомобилей в качестве охлаждающей жидкости при механической обработке металлов. Важными показателями качества являются вязкость и смываемость с металлических поверхностей водой, которая обеспечивается введением специальной присадки.

Защитная жидкость «Предокол» (ТУ 38 101132—78) — нефтяная фракция (280—340 °С), содержащая вязкостную, маслорастворимую сульфонатную и антикоррозионную присадки. Применяют на ВАЗ при предварительной вальцовке листового материала перед штамповкой, для защиты металлических панелей и других деталей во время коротких периодов хранения в закрытых помещениях, а также как жидкость для мойки. Наиболее важными показателями качества являются температура вспышки, коррозия, защитная способность от влаги и стойкость к кислороду.

Характеристики технологических жидкостей приведены в табл. 5.22.

Приборные масла

Масла, используемые для смазывания приборов и аппаратов, условно делят на четыре подгруппы: 1) общего назначения, 2) специального назначения на минеральной и синтетической основе, 3) масла на смешанной (синтетической и минеральной) основе и 4) часовые масла. Изготовляют приборные масла на нефтяной основе и синтетические. В большинстве приборных масел вводят присадки.

Масла общего назначения (табл. 5.23)

Масло МВП (ГОСТ 1805—76) — нефтяное масло сернокислотной очистки, вырабатывают из низкозастывающих нефтяных фракций. Предназначено для смазывания контрольно-измерительных приборов, работающих при температурах —60...+110 °С,

Таблица 5.22. Характеристики технологических жидкостей

Показатель	РЖ-3	РЖ-8	ТСП	ИСЭ-25	«Предокол»
Плотность, кг/м³, не выше	—	—	840	900	857—880
Вязкость, мм²/с:					
при 20 °С	≤3,0	6,0—8,5	≤4,1	—	≤16,0
при 50 °С	—	—	—	23,7—27,0	≤8,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5	0,03	13,0	0,1	Отсутствие
Температура, °С:					
вспышки в открытом тигле, не ниже	80	120	63	190	115
застывания, не выше	—20	—6	—30	—15	—
Зольность, %, не более	—	—	—	0,02	—

Примечания.

1. Для всех жидкостей: внешний вид — прозрачная жидкость, механические примеси и вода — отсутствие испытания на коррозию выдерживают.
2. Для РЖ-3 и РЖ-8 содержание ароматических углеводородов не более 5,5%, серы — не более 0,03 и 0,01 соответственно.
3. Жидкость «Предокол» имеет число омыления не более 6 мг КОН/г.

для наполнения масляно-пневматических амортизаторов, а также для производства пластичных смазок. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят масло по ГОСТ 1510—84.

Масло телеграфное (ГОСТ 7916—80) — смесь масла турбинного 22 и горчичного масла (5%). Применяют для смазывания телеграфных аппаратов. Транспортируют и хранят в бидонах из белой жести.

Масло МЗ-52 (ГОСТ 21748—76) представляет собой головную фракцию при выработке основы масла АМГ-10. Используют в качестве рабочей жидкости в спиральных потенциометрах типа ПСМ-18. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Масло ВНИИНП-408 (ТУ 38 101700—77) — нефтяное глубокоочищенное из сернистых нефтей с присадками. Предназначено для высокопрецизионных шпинделей приборов, измеряющих округлость формы и для других точных приборов. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84. Расфасовывают масло во флаконы вместимостью 10 мл с полиэтиленовой прокладкой и навинчивающейся крышкой. Масло, используемое в точных приборах, за исключением приборов, измеряющих округлость формы, допускается упаковывать в герметично закрывающиеся стеклянные бутыли вместимостью до 10 дм³.

Масло ПАРФ-1 для счетно-аналитических машин (ТУ 38 101635—76) — нефтяное глубокоочищенное с присадкой. Употребляют для контрольно-кассовых машин. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят в таре вместимостью 1—5 дм³.

Таблица 5.23. Характеристики приборных масел общего назначения

Показатель	Приборное МВП	Телеграфное	МЗ-52*	ВНИИНП-408	ПАРФ-1	МАС-8Н	МАС-14Н	МАС-30НК
Вязкость, мм²/с:								
при 50 (100) °С	6,5—8,0	21—25	—	—	16—24	(7,5—9,0)	(8—12)	(24—27)
при 20 (—20) °С	—	—	3,3	8—10	—	(≤4000)	(≤8000)	—
Индекс вязкости, не менее	—	—	—	—	—	115	112	112
Температура, °С:								
вспышки в открытом (закрытом) тигле, не ниже	(125)	—	(80)	107	175	225	(200)	285
застывания, не выше	—60	—	—	—60	—10	—55	—49	—41
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,5	0,03	0,2	0,15	0,03	Отсутствие	
Содержание, %:								
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	—	—	Отсутствие	—	—	—	—
механических примесей, не более	Отсутствие	0,007	Отсутствие	20**	Отсутствие			
воды	Отсутствие							
Коррозия, г/м²	—	Отсутствие	—	Отсутствие	—	—	—	≤55
Цвет, ед. ЦНТ, не более	1,5	—	0,5	—	—	1,0	1,0	1,0
Плотность при 20 °С, кг/м³	≤900	—	815—830	—	850—870	835—845	840—850	850—855
Анилиновая точка, °С, не ниже	—	—	—	—	—	118	129	143
Зольность, %, не более	0,005	—	—	—	0,005	—	—	—

* $\nu_{-40} < 46$ мм²/с.

** Число частиц по ГОСТ 9270—59.

Масла МАС-8Н, МАС-14Н, МАС-30НК (ГОСТ 21791—76) синтетические жидкости, служат для смазывания механизмов как разделительные жидкости и для приготовления пластичных смазок. Работоспособны в контакте с некоторыми агрессивными средами в интервале температур —50...+50 °С. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Масла специального назначения на синтетической или минеральной основе (табл. 5.24)

Масло МП-601 (ТУ 38 101787—79) используют для шарикоподшипников микроэлектромашин и других приборов, работающих в температурном диапазоне —60...+180 °С при атмосферном давлении.

Масло МП-605 (ТУ 38 10178—80) предназначено для работы в шарикоподшипниках микроэлектродвигателей при температурах —60... до +200 °С и остаточном давлении 666,5 Па.

Масло МП-609 (ТУ 38 10176—81) используют в микроэлектродвигателях, работающих при температурах —70... до +100 °С, и в подшипниках приборов с малым моментом трогания при низкой температуре.

Масло МП-610 (ТУ 38 101120—76) применяют для смазывания шарикоподшипников микромашин, работающих в интервале температур —60... +250 °С, атмосферном давлении и повышенном содержании кислорода.

Масло ВНИИНП-6 (ТУ 38 001168—79) применяют для смазывания высокоскоростных и чувствительных шарикоподшипников при температурах от —40 до +100 °С.

Масло МП-715 (ТУ 38 101216—77) употребляют для смазывания прецизионных шарикоподшипников при температурах от —40...+150 °С.

Масло МП-720А (перспективная марка) предназначено для работы в узлах трения точных приборов. Отличается высокой трибохимической стабильностью и работоспособностью при больших контактных давлениях.

Масла МС-14Ф-0, МС-20Ф-0 (ТУ 38 1011000—84) предназначены для применения в приборах при температуре не выше 120 °С для МС-14Ф-0 и не выше 160 °С — для МС-20Ф-0. Получают из масел МС-14 и МС-20 после дополнительной осушки и фильтрования. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84 в стеклянных бутылках вместимостью до 1 дм³ с притертой или навинчивающейся пробкой с внутренней прокладкой.

Масла МП-601, МП-605, МП-714, МП-715, МП-720А и **ВНИИНП-6** затаривают в бутылки из темного стекла.

Масло МП-704 (ТУ 38 101598—75) употребляют для смазывания чувствительных шарикоподшипников и узлов трения скольжения бытовых электроприборов. Упаковывают, маркиру-

Таблица 5.24. Характеристики приборных масел специального назначения

Показатель	МП-601	МП-605	МП-609	МП-610	ВНИИНП-6	МП-704	МП-714	МП-715	МП-720А	МС-14Ф-0	МС-20Ф-0	ВНИИНП-75
Внешний вид	Прозрачная жидкость											
Цвет	От бесцветного до светло-желтого		От светло-коричневого до коричневого	Красно-коричневый	Желто-розовый с фиолетовым оттенком	От бесцветного до светло-желтого с фиолетовым оттенком	От светло-желтого до светло-коричневого	Красно-коричневый	Желтый	—	—	От желтого до коричневого с флюоресценцией
Вязкость квиематическая, мм²/с:												
при 100 °C	⩾9	14—20	⩾4,5	30—50	⩾3,1	—	8—14	⩾4—6	⩾3,0	⩾14,0	⩾20,5	⩾4,3
при 50 °C	—	—	—	—	⩾8,7	5—7	—	—	—	—	—	⩾14,0
при —20 °C	⩾40	65—85	17—27	110—170	—	13—20	⩾240	58—63	⩾35	—	—	—
при —40 (—60) °C, не более	(3500)	(7000)	(450)	(4000)	1800	2000	—	18000	9000	—	—	10000
Температура, °C:												
вспышки в открытом тигле, не ниже	—	—	—	—	215	150	—	—	—	—	—	230
застывания, не выше	—70	—70	—80*	—80*	—65	—50	—45	—45	—55	—30	—18	—60
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,4	0,25	0,03	0,20
Испаряемость (*t* °C; время), не более	20 (150; 100)	4 (200; 100)	5 (80; 100)	5 (200; 100)	—	6 (70; 20)	6 (150; 50)	10 (150; 50)	10 (100; 50)	—	—	—
Коррозия на пластинках из латуни Л-62 (ГОСТ 931—78) и стали ШХ-15 (*t* °C; время) (ГОСТ 801—78)	Отсутствие											
	(200; 50)	(100; 24)	(250; 50)	(100; 24) медь М-14 М-2	—	(150; 50)	(150; 50)	(100; 50)	—	—		(150; 4)
Плотность при 20 °C, кг/м³	1030—1050	—	970—990	—	—	—	—	—	—	—		—

* Температуру масел МП-609 и МП-610 определяют по ГОСТ 20841.3—75.

Примечания.
1. Вязкость кинематическая масла МП-605 при 200 °C>4 мм²/с, масла МП-610 10—20 мм²/с.
2. Во всех маслах водорастворимые кислоты и щелочи, механические примеси и вода — отсутствие.
3. Смазывающие свойства на ЧШМ (20±5) °C масла ВНИИНП-6: $P_к$>940Н, $D_и$<0,36 мм.

ют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84 в запаянных бидонах из белой жести или в стеклянных бутылках из темного стекла вместимостью до 1 дм³.

Масло ВНИИНП-75 (ТУ 38 101943—83) предназначено для пропитки пористых подшипников микроэлектродвигателей. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84.

Гарантийный срок хранения масел в таре изготовителя: 2 года для масел МП-601, МП-714, МП-715, ВНИИНП-6, для остальных масел (кроме МП-720А) — 5 лет со дня изготовления.

Масла на смешанной (синтетической и минеральной) основе (табл. 5.25)

Масла 132-07, 132-19, 132-20, 132-21 (ТУ 6-02-897—78) и **132-08** (ГОСТ 18375—73) предназначены для смазывания подшипников в различных приборах и узлах трения машин, работающих в интервале температур от минус 65—70 до плюс 70 °C. Представляют собой смесь полиэтилсилоксановой жидкости и минеральных смазочных масел в различных соотношениях. Упаковывают в стеклянную тару вместимостью от 0,25 до 1 дм³

Таблица 5.25. Характеристики масел на смешанной основе

Показатель	132-07	132-19	132-20*	132-20	132-21*	132-21	132-08
Вязкость, мм²/с:							
при 20 °С	28—33	27—32	65—75	60—80	45—65	45—65	47—55
при —50 °С, не более	1300	1250	6000	9000	3000	5000	2200
Температура, °С:							
вспышки в открытом тигле, не ниже	165	165	175	170	170	170	173
застывания, не выше	—70	—65	—70	—70	—70	—70	—70
Кислотное число, мг КОН/I г масла, не более	0,2	0,2	0,1	0,25	0,1	0,25	0,15
Содержание:							
воды, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
механических примесей	Отсутствие						
Коррозия	Отсутствие						
Плотность при 20 °С, кг/м³	940—960	920—940	930—950	930—950	940—960	940—960	920—940
Содержание кремния, %	18,0—22,7	16,0—23,0	17,0—22,0	17,0—22,0	19,0—24,0	19,0—24,0	21,0—24,0

* Высшей категории качества.

(ОСТ 6-19-72—76), бутыли стеклянные вместимостью 20 дм³ (ГОСТ 14182—80), а также в банки из белой жести (ГОСТ 6128—81), бидоны из белой жести (ГОСТ 20882—75), фляги оцинкованные (ГОСТ 5799—78) и бочки алюминиевые (ГОСТ 21029—75). Гарантийный срок хранения смазочных масел в таре изготовителя — 2 года со дня изготовления. По истечении гарантийного срока масла анализируют на соответствие требованиям стандартов каждый раз перед применением.

Таблица 5.26. Характеристики часовых масел

Показатель	ВНИИНП-ЧМЛ-400	ВНИИНП-ЧМЗ-25
Вязкость, мм²/с:		
при 50 °С	380—420	20—25
при —40 °С	—	≤35000
Индекс вязкости, не менее	100	150
Температура, °С:		
вспышки в открытом тигле, не ниже	270	155
застывания, не выше	—10	—45
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,25	0,20
Содержание механических примесей и воды	Отсутствие	
Коррозия медной пластинки (100 °С, 3 ч)	Выдерживает	

Часовые масла (табл. 5.26)

Масла ВНИИНП-ЧМЛ-400 и ВНИИНП-ЧМЗ-25 (ТУ 38 101620—76) состоят из нефтяной малосернистой основы и присадок загущающей и улучшающей коэффициент трения. Предназначены для смазывания механизмов часов, установленных на башнях. Упаковывают, маркируют, транспортируют и хранят по ГОСТ 1510—84. Расфасовывают в стеклянную тару вместимостью 1 дм³.

Глава 6
ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ*

НАЗНАЧЕНИЕ СМАЗОК

Основная функция смазок — уменьшение износа трущихся деталей с целью продления срока службы машин и механизмов. Наряду с этим смазки выполняют и другие функции. Так, в отдельных случаях они не столько уменьшают износ, сколько упорядочивают его, не допуская задира, заедания и заклинивания трущихся поверхностей. Смазки препятствуют прониканию к трущимся поверхностям агрессивных жидкостей, газов и паров, а также абразивных материалов (пыли, грязи и т. п.). Практически все смазки выполняют защитные функции, предотвращая коррозию металлических поверхностей. Благодаря антифрикционным свойствам, смазки существенно уменьшают энергетические затраты на трение, что позволяет экономить мощность машин и механизмов.

Для защиты от коррозии металлических изделий, машин и оборудования при их транспортировании и длительном хранении применяют специальные консервационные смазки. Наряду с консервационными смазками вырабатывают рабоче-консервационные, которые перед началом эксплуатации техники нет необходимости заменять на антифрикционные.

Для герметизации зазоров в механизмах и оборудовании, а также соединений трубопроводов и запорной арматуры применяют уплотнительные смазки, причем смазки обладают лучшими герметизирующими свойствами, чем масла.

Иногда к смазкам предъявляют специальные требования, например: повышать коэффициент трения, выполнять роль изоляционных или токопроводящих материалов, обеспечивать работу

* Авторы выражают благодарность В. В. Бутовцу за помощь в подготовке главы к печати.

узлов трения в условиях радиации, глубокого вакуума и т. п. Такие смазки относят к группе смазок специального назначения.

Основные условия и объекты применения смазок:

открытые и негерметизированные узлы трения,

труднодоступные узлы трения,

механизмы, расположенные под переменным углом к горизонту,

узлы трения, где невозможна частая смена смазочного материала,

переменный скоростной режим эксплуатации машин,

вынужденный контакт узла трения или защищаемой поверхности с водой либо агрессивными средами,

условия резко изменяющегося температурного режима,

герметизация подвижных уплотнений, сальников и резьбовых соединений;

длительная консервация машин, оборудования, приборов и металлических изделий,

необходимость упростить конструкцию, уменьшить массу и размер смазываемых устройств.

Для обеспечения перечисленных условий только 14% смазок расходуется для консервации и 2% для герметизации. Остальные смазки используют для уменьшения трения и износа трущихся деталей в качестве антифрикционных смазочных материалов.

СОСТАВ СМАЗОК

Смазки состоят из жидкой основы (дисперсионной среды), твердого загустителя (дисперсной фазы) и различных добавок. Кроме этих составляющих в смазках присутствуют и другие компоненты. Например, в составе гидратированных кальциевых смазок присутствует вода как стабилизирующий компонент. В некоторых мыльных смазках содержатся глицерин, выделившийся при омылении жиров, и продукты окисления масляной основы, образовавшиеся при термообработке смазки, а также свободные кислоты или щелочи и т.п. Для улучшения эксплуатационных свойств в состав смазок вводят присадки различного функционального назначения и твердые добавки. Таким образом, смазки представляют собой сложные многокомпонентные системы, основные свойства которых определяются свойствами масляной основы, загустителя, присадок и добавок.

Дисперсионная среда. В качестве масляной основы смазок используют различные смазочные масла и жидкости. Большинство смазок отечественного производства (около 97%) готовят на нефтяных маслах. Для получения смазок, работающих в специфических и экстремальных условиях, применяют синтетические масла — кремнийорганические жидкости, сложные эфиры, фтор- и фторхлоруглероды, синтетические углеводородные масла, полиалкиленгликоли, полифениловые эфиры. Широкое применение таких масел ограничено из-за дефицитности и высокой их стоимости. В отдельных случаях в качестве дисперсионной среды смазок применяют растительные масла, например касторовое масло.

Многие свойства смазок зависят от масляной основы. Природа, химический, групповой и фракционный состав дисперсионной среды существенно влияют на структурообразование и загущающий эффект дисперсной фазы, а следовательно, и на реологические и эксплуатационные свойства смазок. От масляной основы зависят работоспособность смазок в определенном интервале температур, силовых и скоростных нагрузок, их окисляемость, коллоидная стабильность, защитные свойства, устойчивость к агрессивным средам, радиации, а также набухаемость контактирующих изделий из резины, полимеров и т.п. Низкотемпературные свойства смазок (вязкость при отрицательных температурах, пусковой крутящий момент) зависят от вязкости масляной основы при низких температурах (рис. 62—64), а испаряемость — от молекулярной массы, фракционного состава и температуры вспышки дисперсионной среды и от продолжительности температурного воздействия (рис. 65).

Зависимость вязкости смазки от вязкости дисперсионной среды при одинаковых отрицательных температурах носит линейный характер (см. рис. 62) и описывается уравнением:

$$\eta_{см} = a + b\eta_{д.с.},$$

где $\eta_{см}$ — вязкость смазки; $\eta_{д.с}$ — вязкость масла; a, b — коэффициенты.

Пусковой крутящий момент также является функцией вязкости масляной основы смазок, определенной при низких температурах (см. рис. 63 и 64).

Смазки работоспособны до температуры, при которой их вязкость не превышает 2000 Па·с, пусковой крутящий момент ниже 50 Н·см, а установившийся крутящий момент — не выше 10 Н·см. Нефтяные масла используют прежде всего для производства смазок общего назначения, работоспособных в интервале температур от —60 до 150 °С. Для узлов трения, работающих при температурах ниже —60 °С и длительное время при температурах выше 150 °С, применяют смазки, приготовленные на синтетических маслах. На синтетических маслах можно приготовить смазки, работоспособные от —100 до 350 °С и выше.

Из кремнийорганических жидкостей (олигоорганосилоксанов) наиболее часто в качестве дисперсионных сред используют полиметилсилоксаны и полиэтилсилоксаны. Последние применяют в производстве смазок как в чистом виде, так и в смеси с нефтяными маслами. Полиметилфенилсилоксаны и полигалогенорганосилоксаны обладают улучшенными противоизносными

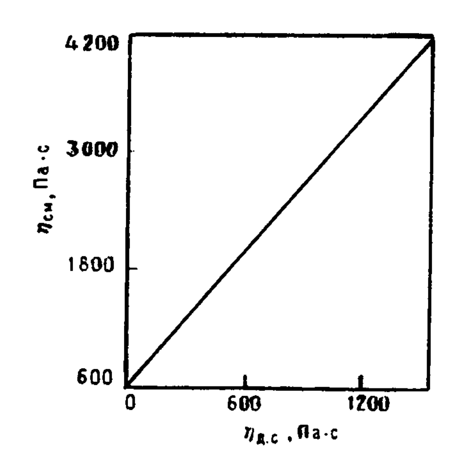


Рис. 62. Зависимость вязкости смазки $\eta_{см}$ от вязкости дисперсионной среды $\eta_{д.с}$ при температуре −50 °С и скорости деформации 10 $с^{-1}$

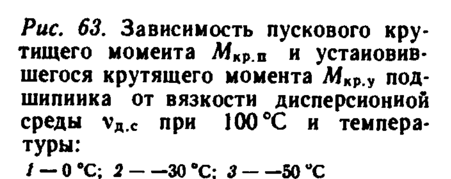
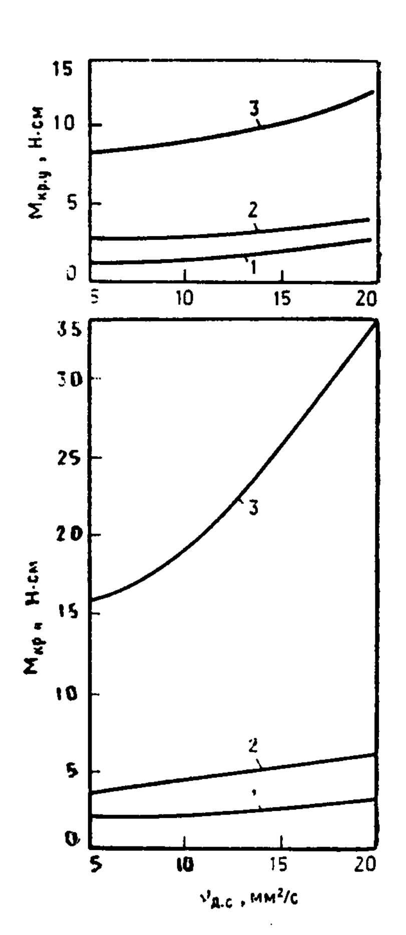


Рис. 63. Зависимость пускового крутящего момента $M_{кр.п}$ и установившегося крутящего момента $M_{кр.у}$ подшипника от вязкости дисперсионной среды $\nu_{д.с}$ при 100 °С и температуры:

1 — 0 °С; 2 — −30 °С; 3 — −50 °С



и противозадирными свойствами в сравнении с обычными полисилоксанами. Эти жидкости обеспечивают получение смазок, работоспособных от минус 100—60 до плюс 200—300 °С.

Смазки на сложных эфирах применяют при температурах —60 ... +150 °С; они характеризуются хорошей смазывающей способностью, однако не работоспособны в контакте с водой из-за гидролиза эфиров. Они также вызывают набухание резиновых уплотнений.

При производстве смазок используют и синтетические углеводородные масла на основе полиолефинов и алкилированных ароматических углеводородов, в первую очередь алкилбензолов. Смазки на алкилбензолах применяют при температурах —60 ... +200 °С.

Использование полиалкиленгликолей в качестве дисперсионной среды обеспечивает работоспособность смазок в широком интервале температур — от —60 до 200 °С. Смазки на полифе-

ниловых эфирах стабильны при воздействии не только высоких температур (до 350 °С), но и кислорода и радиации.

Фтор- и фторхлоруглеродные масла термически стабильны до 400—500 °С. Они не воспламеняются, не горят, устойчивы к воздействию сильных кислот, щелочей и других агрессивных сред, не окисляются, не вызывают коррозии металлов, обладают высокими смазывающими свойствами. Поэтому их применяют для получения огнестойких смазок и смазок, имеющих контакт с весьма агрессивными средами и в экстремальных условиях.

Дисперсная фаза. Температурные пределы применения смазок во многом определяются температурами плавления и разложения загустителя, его растворимостью в масле и концентрацией. От природы загустителя зависят антифрикционные и защитные свойства, водостойкость, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильность смазок. Так, мыла, являясь поверхностно-активными веществами, выполняют в смазках функцию и загустителя и противоизносного и противозадирного компонентов. Причем модифицирующее действие мыл на поверхности трения связано с поверхностно-молекулярным, а не с химическим взаимодействием, что характерно для фосфор-, серо- и хлорсодержащих присадок. Противозадирные свойства модельных смазок, в которых дисперсионной средой является нафтено-парафиновое вазелиновое масло, а дисперсной фазой — литиевое, натриевое, кальциевое и бариевое мыла 12-гидроксистеариновой кислоты, приведены на рис. 66. Противозадирные

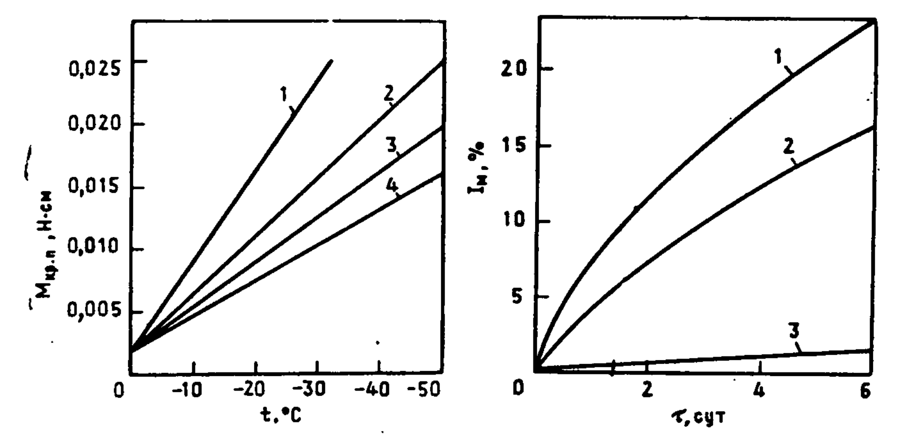


Рис. 64. Зависимость пускового крутящего момента $M_{кр.п}$ от температуры t смазок, приготовленных на различных мылах и дисперсионных средах:

1 — Солидол; 2 — Литол-24; 3 — Зимол; 4 — ЦИАТИМ-201

Рис. 65. Зависимость испаряемости масла $I_м$ от продолжительности τ выдержки смазок при 100 °С:

1 — ЦИАТИМ-201; 2 — ГОИ-54п; 3 — Литол-24

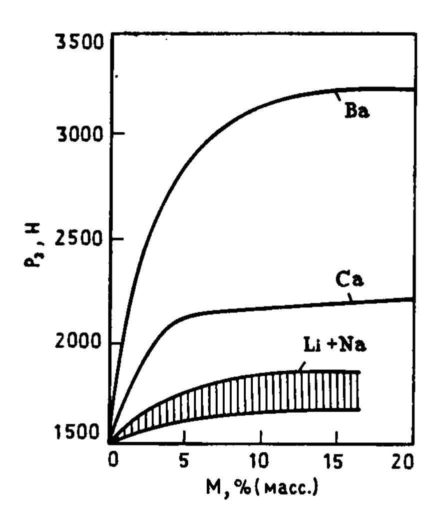


Рис. 66. Зависимость нагрузки заедания $P_з$ от концентрации загустителя *M* (в пересчете на 12-HoSt) в бариевых, кальциевых, литиевых и натриевых смазках

свойства смазок определяли на ЧШМ «Ранзн» по нагрузке заедания $P_з$ при частоте вращения $n=500$ мин$^{-1}$. Трибологические свойства смазок зависят от природы катиона мыла (его донорно-акцепторных свойств) и улучшаются при переходе от катионов металлов I группы к катионам металлов II группы. Смазки, полученные на мылах различных катионов, значительно отличаются и по защитным свойствам. Это подтверждается данными метода «Диинакорротест» (рис. 67).

Влияние катиона мыла на низкотемпературные характеристики смазок показано на рис. 68. Пусковой крутящий момент подшипника при —55 °С повышается с увеличением вязкости дисперсионной среды. Na- и Li-смазки по низкотемпературным

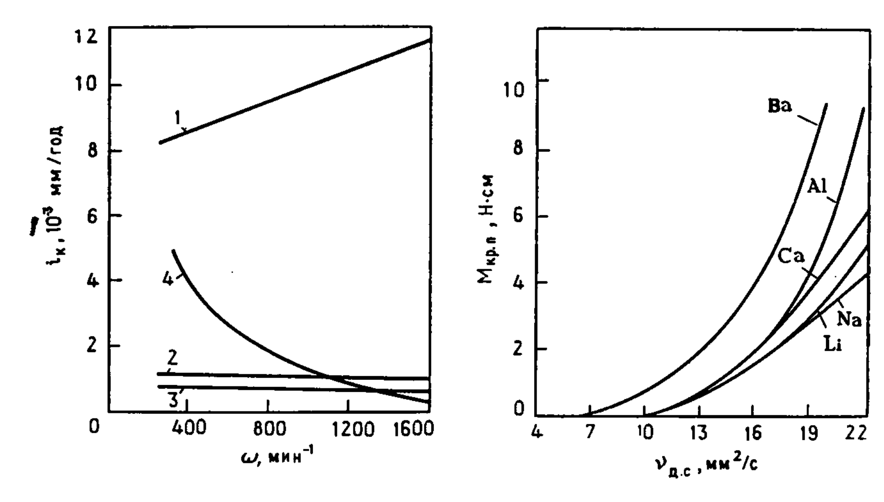


Рис. 67. Зависимость скорости коррозии $i_к$ модельных смазок при различной частоте ω вращения подшипника от катиона мыла:
1 — 15% NaoSt; *2* — 10% LioSt; *3* — 15% CaoSt; *4* — 20% BaoSt

Рис. 68. Зависимость пускового крутящего момента $M_{кр.п}$ смазок при отрицательной температуре от вязкости дисперсионной среды $\nu_{д.с}$ при 37,8 °С и катиона мыла

свойствам близки между собой и значительно превосходят Са-, Al- и Ва-смазки.

Мыльные смазки подразделяют на обычные и комплексные. Верхний температурный предел применения мыльных смазок следующий: обычные кальциевые — 60...70 °С и комплексные кальциевые — 160...170 °С; обычные литиевые — 110...130 °С и комплексные литиевые — 160...170 °С; обычные алюминиевые — 65...70 °С и комплексные алюминиевые — 150...170 °С. Углеводородные смазки работоспособны до 50—65 °С, бентонитовые и силикагелевые в зависимости от дисперсионной среды — от —60 до 170 °С и выше. Смазки на органических загустителях применяют, как правило, в качестве высокотемпературных.

Присадки и наполнители. Присадки — поверхностно-активные вещества, что предопределяет их активность, как в объеме смазки, так и на границе раздела фаз загуститель — дисперсионная среда. Для улучшения свойств смазок применяют в основном те же присадки, что и для легирования масел: противоизносные, противозадирные, антифрикционные, защитные, вязкостные и адгезионные, ингибиторы окисления, коррозии и другие. Многие присадки являются полифункциональными.

Влияние различных противозадирных и противоизносных присадок на трибологические характеристики — критическую нагрузку $P_к$ и нагрузку сваривания $P_с$ литиевых смазок на основе нефтяного масла иллюстрируется данными табл. 6.1.

Наполнители — это высокодисперсные, нерастворимые в маслах материалы, не образующие в смазках коллоидной структуры, однако улучшающие их эксплуатационные свойства. Наиболее распространены наполнители, характеризующиеся низкими коэффициентами трения: графит, дисульфид молибдена, тальк, слюда, нитрит бора, сульфиды некоторых металлов, асбест, полимеры, оксиды и комплексные соединения металлов, металли-

Таблица 6.1. Трибологические характеристики смазок на гидроксистеарате лития в присутствии различных присадок (концентрация 3%)

Присадка	$P_к$, Н	$P_с$, Н	Присадка	$P_к$, Н	$P_с$, Н
Без присадки	560	1580	Сульфол	1120	2510
Осерненный кашалотовый жир	710	2000	ДФ-11	1000	1780
			Англомол-99	1100	2820
Диалкилбензилэтиленсульфид	560	2820	ВИР-1	1100	2820
			Хлорэф-40	1000	2000
ЛЗ-23К	890	2820	КИНХ-2	1100	2820
Хлорированный парафин	630	1580	Нафтенат свинца	560	2510
Хлорэтанол	790	2000			
Трикрезилфосфат	630	1580			

Таблица 6.2. Трибологическая характеристика $P_к$ литиевых смазок в присутствии различных наполнителей (концентрация 10%)

Наполнитель	$P_к$, Н	Наполнитель	$P_к$, Н
Без наполнителя	380	Графит	650
Слюда	200	Слюда + дисульфид молибдена (1 : 1)	480
Дисульфид молибдена	840	Слюда + политетрафторэтилен (1 : 1)	360
Диселенид молибдена	880		
Политетрафторэтилен	740		

ческие порошки и пудры. Влияние природы наполнителя на трибологическую характеристику $P_к$ литиевых смазок на основе нефтяного масла иллюстрируется данными табл. 6.2. Влияние концентрации наполнителей на трибологические характеристики $P_к$ и $P_с$ и на антифрикционные свойства (коэффициент трения f) для литиевых смазок иллюстрируется данными табл. 6.3 и зависимостями, представленными на рис. 69 и 70.

Достаточно широко используют в качестве наполнителей оксиды цинка, титана и меди(I), порошки меди, свинца, алюминия, олова, бронзы и латуни, которые обычно замешивают в готовую смазку в количествах от 1 до 30%. Такие наполнители применяют преимущественно для производства резьбовых и уплотнительных смазок, а также антифрикционных смазок, используемых в тяжелонагруженных узлах трения скольжения (различного рода шарниры, некоторые зубчатые и цепные передачи, винтовые пары и т. д.). Дискуссионным остается вопрос о целесообразности использования металлоплакирующих смазок в подшипниках качения, особенно в быстроходных и высокой точности исполнения. В большинстве случаев это приводит к отрицательному эффекту.

Эксплуатационные характеристики углеводородиых смазок можно улучшить с помощью таких добавок, как природные вос-

Таблица 6.3. Трибологические характеристики и антифрикционные свойства смазок на 12-гидроксистеарате лития в присутствии наполнителей разной концентрации

Наполнитель, концентрация	$P_к$, Н	$P_с$, Н	f при P=1300 Н	Наполнитель, концентрация	$P_к$, Н	$P_с$, Н	f при P=1300 Н
Без наполнителя	650	1450	0,69	Дисульфид молибдена (МВЧ-1):			
Графит (С-1):							
2%	650	1450	0,59	2%	850	1800	0,48
10%	650	1450	0,47	5%	900	1900	0,41
30%	650	2800	0,36	10%	1000	2000	0,34
				30%	1100	2000	0,18

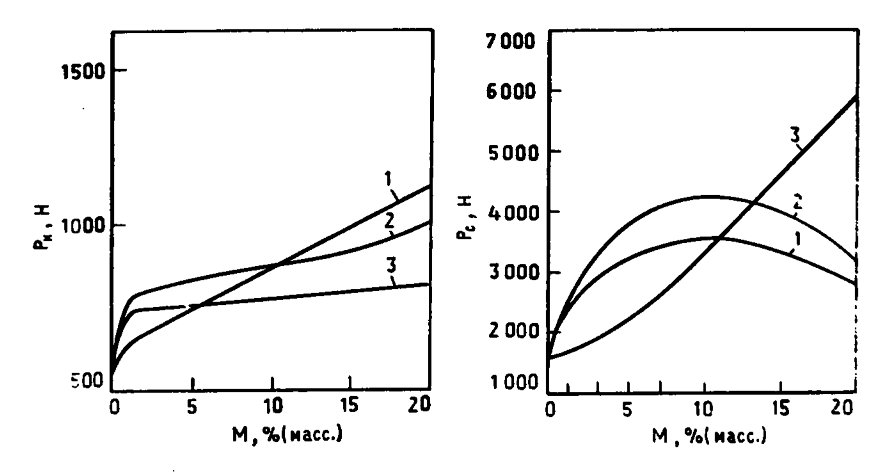


Рис. 69. Зависимость критической нагрузки $P_к$ на ЧШМ от концентрации наполнителей M:

1 — дисульфид молибдена; *2* — диселенид молибдена; *3* — графит

Рис. 70. Зависимость нагрузки сваривания $P_с$ на ЧШМ от концентрации наполнителей M:

1 — дисульфид молибдена; *2* — диселенид молибдена; *3* — графит

ки и их компоненты. Например, адгезионные, защитные и низкотемпературные свойства углеводородных смазок обычно улучшают введением в их состав буроугольного и торфяного восков, спермацета (табл. 6.4 и рис. 71). Эффективность действия природных восков определяется их химическим составом, молекулярной массой и концентрацией в смазках.

Таблица 6.4. Свойства углеводородных смазок с добавками восков

Добавка, концентрация	Температура, °С: каплепадения	Температура, °С: хрупкости	Коллоидная стабильность, %	Адгезия: сброс, % (фактор разделения $K_р$=6270)
Без добавок	72	—62	2,5	80,0
Буроугольный воск:				
1%	71	—68	3,5	40,0
3%	72	—63	5,8	24,0
5%	73	—60	20,0	Отсутствие
Торфяной воск:				
1%	71	—68	4,4	50,0
3%	70	—68	5,5	35,0
5%	69	—67	17,0	Отсутствие
Спермацет:				
1%	68	—68	2,0	80,0
3%	67	—68	2,8	85,0
5%	67	—68	3,0	89,0

КЛАССИФИКАЦИЯ СМАЗОК

Смазки систематизируют по различным классификационным признакам: консистенции, составу и областям применения (назначению).

По консистенции смазки подразделяют на полужидкие, пластичные и твердые. Пластичные и полужидкие смазки представляют коллоидные системы, состоящие из масляной основы и загустителя, а также присадок и добавок, улучшающих различные свойства смазок. Твердые смазки до отвердения являются суспензиями, дисперсионной средой которых служит смола или другое связующее вещество и растворитель, а загустителем — дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т. п. После отвердения (испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел, и характеризуются низким коэффициентом сухого трения.

По составу смазки делят на четыре группы.

1. Смазки, для получения которых в качестве загустителя применяют соли высших карбоновых кислот (мыла). Их называют мыльными смазками и в зависимости от катиона мыла подразделяют на литиевые, натриевые, калиевые, кальциевые, бариевые, алюминиевые, цинковые и свинцовые смазки. В зависимости от аниона мыла большинство мыльных смазок одного и того же катиона подразделяют на обычные и комплексные. Чаще других применяют комплексные кальциевые, бариевые, алюминиевые, литиевые и натриевые смазки. Смазки на комплексных мылах работоспособны в более широком интервале температур. Кальциевые смазки в свою очередь подразделяют на безводные, гидратированные (солидолы), стабилизатором структуры которых является вода, и комплексные, адсорбционный комплекс которых образуется высшими жирными кислотами и уксусной кислотой. В отдельную группу мыльных смазок

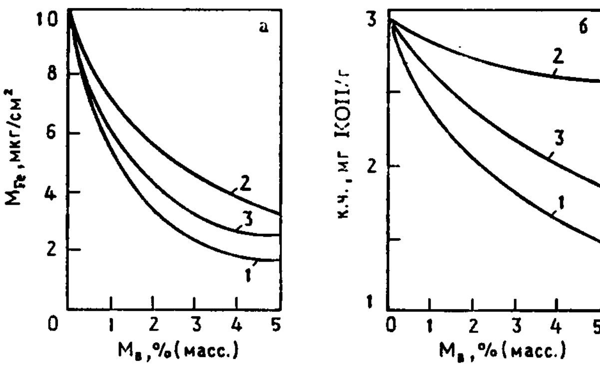


Рис. 71. Зависимость содержания железа M_{Fe} (*а*) и кислотного числа к. ч. (*б*) от содержания природных восков $M_в$ в углеводородных смазках:
1 — буроугольный воск; *2* — торфяной воск; *3* — спермацет

выделяют смазки на смешанных мылах, в которых в качестве загустителя используют смесь мыл (литиевокальциевые, натриево-кальциевые и др.). Вначале указывают тот катион мыла, доля которого в загустителе бóльшая.

Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно синтетическими (анион мыла — синтетические жирные кислоты) или жировыми (анион мыла — природные жиры), например, синтетические или жировые солидолы.

2. Смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества, называют смазками на неорганических загустителях. К ним относят силикагелевые, бентонитовые, графитные, асбестовые.

3. Смазки, для получения которых используют термостабильные высокодисперсные с хорошо развитой удельной поверхностью органические вещества, называют смазками на органических загустителях. К ним относят полимерные, пигментные, полимочевинные, сажевые.

4. Смазки, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (церезин, парафин, озокерит, различные природные и синтетические воски), называют углеводородными смазками.

Влияние типа загустителя на свойства смазок представлено данными табл. 6.5. Нередко смазки в зависимости от типа их дисперсионной среды подразделяют на смазки на нефтяных и синтетических маслах.

По областям применения смазки в соответствии с ГОСТ 23258—78 подразделяют на: антифрикционные, снижающие трение и износ в механизмах; консервационные, защищающие металлические изделия от коррозии; уплотнительные, герметизирующие зазоры в оборудовании и механизмах; канатные, используемые для смазывания стальных канатов (табл. 6.6). В свою очередь антифрикционные смазки подразделяют на смазки общего назначения для обычных и повышенных температур, многоцелевые, высокотемпературные, низкотемпературные, морозостойкие, отраслевые (автомобильные, железнодорожные, индустриальные), специальные, приборные и т. п. Уплотнительные смазки подразделяют на резьбовые, арматурные, вакуумные и т. д.

СВОЙСТВА СМАЗОК

Основные характеристики смазок, по которым судят об их эксплуатационных свойствах и руководствуются при выборе для конкретных узлов трения, установлены ГОСТ 4.23—71 «Система показателей качества продукции. Нефтепродукты. Смазки пла-

Таблица 6.5. Тип загустителя и свойства смазок

Смазки	Температура каплепадения, °С	На нефтяных маслах: максимальная температура применения, °С	На нефтяных маслах: гидролитическая устойчивость	На нефтяных маслах: противоизносные и противозадирные свойства	На полиэтилсилоксанах: максимальная температура применения, °С	На полиэтилсилоксанах: гидролитическая устойчивость	На полиэтилсилоксанах: противоизносные и противозадирные свойства
Мыльные смазки							
Натриевые	130—160	100—110	Плохая	Удовлетворительные	110—115	Плохая	Низкие
Литиевые	175—205	110—125	Хорошая	»	120—130	Хорошая	»
Комплексные литиевые	>250	150—160	—	Высокие	160—170	»	Удовлетворительные
Гидратированные кальциевые	70—85	60—70	Высокая	Хорошие	—	—	—
Безводные кальциевые	130—140	100—110	»	»	—	—	—
Комплексные кальциевые	>230	140—150	Удовлетворительная*	Высокие	160—170	Удовлетворительная*	Хорошие
Алюминиевые	95—120	65—70	Высокая	Хорошие	—	—	—
Комплексные алюминиевые	>250	150—160	Высокая	Высокие	160—170	Высокая	Хорошие
Неорганические смазки							
Силикагелевые	Отсутствие	130—170	Хорошая	Удовлетворительные	160—170	Хорошая	Плохие
Бентонитовые	»	120—150	»	»	130—150	»	»
Органические смазки							
Сажевые	»	160—200	Высокая	Высокие	300—350**	Высокая	Хорошие
Полимерные (фторсодержащие углеводороды)	»	80—150	Удовлетворительная	»	140—160	Удовлетворительная	»
Пигментные	»	160—200	Хорошая	»	250—300**	Хорошая	»
Полимочевинные		150—200	»	Хорошие	200—230**	»	Удовлетворительные
Углеводородные смазки							
—	50—70	50—65	Высокая	Хорошие	50—65	Высокая	»

* Поглощают воду и уплотняются. ** На полиметилфенилсилоксанах.

Таблица 6.6. Классификация пластичных смазок по ГОСТ 23258—78

Назначение	Подгруппа	Применение
Антифрикционные		
Снижение износа и трения сопряженных деталей	Общего назначения для обычных температур	Узлы трения с рабочей температурой до 70 °С
	Общего назначения для повышенных температур	Узлы трения с рабочей температурой до 110 °С
	Многоцелевые	Узлы трении с рабочей температурой от —30 до 130 °С в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах обеспечивают работоспособность до температуры —40 °С
	Термостойкие	Узлы трения с рабочей температурой ⩾150 °С
	Низкотемпературные	Узлы трения с рабочей температурой ⩽—40 °С
	Противозадирные и противоизносные	Подшипники качения при контактных напряжениях 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках >15 кПа; содержат противозадирные и противоизносные присадки или твердые добавки
	Химически стойкие	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
	Приборные	Узлы трения приборов и точных механизмов
	Редукторные (трансмиссионные)	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
	Приработочные пасты	Сопряжение поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задиров и ускорения приработки
	Узкоспециализированные	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т. д.)
	Брикетные	Узлы и поверхности скольжении с устройствами для использования смазок в виде брикетов
Консервационные		
Предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировании и эксплуатации	—	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел для твердых покрытий

Продолжение

Назначение	Подгруппа	Применение
Уплотнительные		
Герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе вакуумных систем	Арматурные	Запорная арматура и сальниковые устройства
	Резьбовые	Резьбовые соединения
	Вакуумные	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
Канатные		
Предотвращение износа и коррозии стальных канатов	—	Стальные канаты и тросы, органические сердечники стальных канатов

стичные. Номенклатура показателей». Этот стандарт устанавливает обязательную номенклатуру показателей и признаков качества смазок, которые необходимо включить в НТД при ее разработке. Реологические характеристики (прочностные и вязкостные), водостойкость, испаряемость, окисляемость, антикоррозионные, противоизносные и другие свойства определяют работоспособность смазок. Для определения стабильности смазок оценивают их коллоидную, механическую, химическую и термическую стабильность.

В процессе изготовления смазок контролируют показатели, определяющие воспроизводимость их свойств — пенетрацию и температуру каплепадения. По содержанию в смазках воды, свободных щелочей, кислот и механических примесей определяют их пригодность к применению. Для смазок выделяют показатели качества, обязательные для всех видов и обязательные для отдельных видов. К первым относят внешний вид, содержание воды и механических примесей, испытание на коррозию; ко вторым — температуру каплепадения, предел прочности, вязкость, коллоидную стабильность, механическую и химическую стабильность, термоупрочнение, испаряемость, содержание органических водорастворимых кислот и свободной щелочи, показатель защитных (от коррозии), противоизносных и противозадирных свойств, адгезию (липкость) и растворимость в воде.

Смазки занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми смазочными материалами. Они представляют собой структурированные коллоидные системы, и их свойства зависят прежде всего от особенностей трехмерного структурного каркаса, образующегося из дисперсной фазы, который в своих ячейках удерживает относительно большое количество (80—90%) дисперсионной среды. Устойчивость структурированной системы зависит от прочности структурного каркаса, сил взаимодействия между его отдельными частицами и между элементами структурного каркаса и дисперсионной средой на границе раздела фаз, числа контактов частиц каркаса в единице объема, электростатических свойств, критической концентрации ассоциации различных мыл и другие коллоидно-химические факторы.

На устойчивость структурированной системы влияют физико-химические свойства материала, из которого построен каркас, химическая природа окружающей его среды и наличие поверхностно-активных веществ, обусловливающих размеры и форму элементов структурного каркаса, а также энергию связей в этой системе.

Результаты исследований под электронным микроскопом показали, что волокна каждого мыльного загустителя, отличающегося катионом или анионом, имеют присущую только им форму и величину (рис. 72). Концентрация дисперсной фазы, присутствие ПАВ и технология приготовления смазок отражаются на их структуре. В то же время существует взаимосвязь между дисперсностью, анизометричностью кристаллов мыл (отношением их длины к поперечному размеру) и реологическими характеристиками смазок независимо от природы загустителя и других факторов. При повышении дисперсности элементов структурного каркаса, увеличении отношения длины к диаметру или ширине загущающий эффект дисперсной фазы повышается. Дисперсность и анизометричность кристаллов мыл связана с характером структурообразования, который, в свою очередь, зависит от строения молекулы мыла. При повышении дисперсности кристаллов мыла число контактов между элементами структурного каркаса, а также поверхность соприкосновения с дисперсионной средой возрастает. Создаются благоприятные условия для развития различного рода энергетических связей в системе и образования прочных коллоидных структур. Поэтому предел прочности, вязкость, коллоидная стабильность смазок определяются дисперсностью, анизометричностью волокон, образующих их структурный каркас, энергией связи между его элементами и взаимодействием дисперсной фазы смазки с дисперсионной средой.

Смазки выделяют в особый класс реологических тел, для которых характерно сочетание хрупкости, обусловленной разрывом жестких связей в каркасе, и пластичности — способности давать неограниченно большие деформации без потери сплошности (течь подобно жидкости) за пределами критической нагрузки. Значение этой нагрузки зависит главным образом от прочности структурного каркаса, а вязкость дисперсионной среды, как правило, играет относительно небольшую роль.

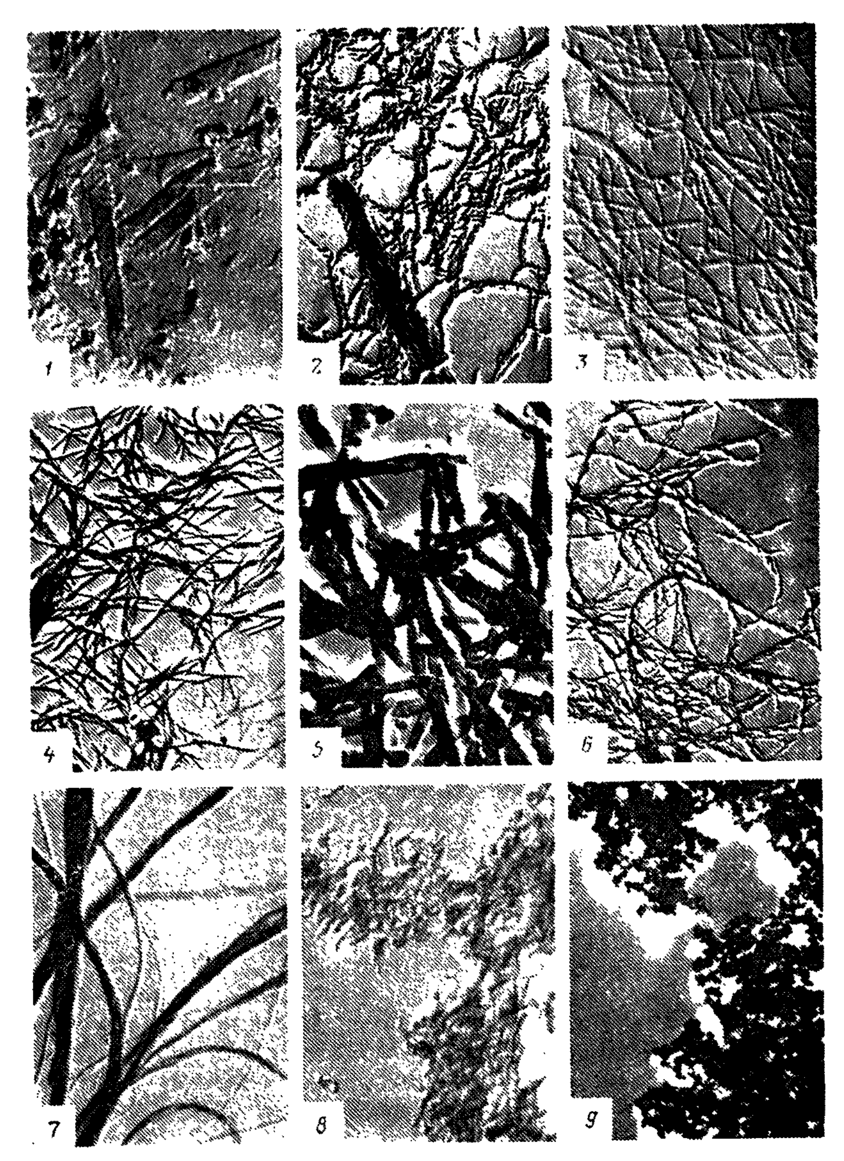
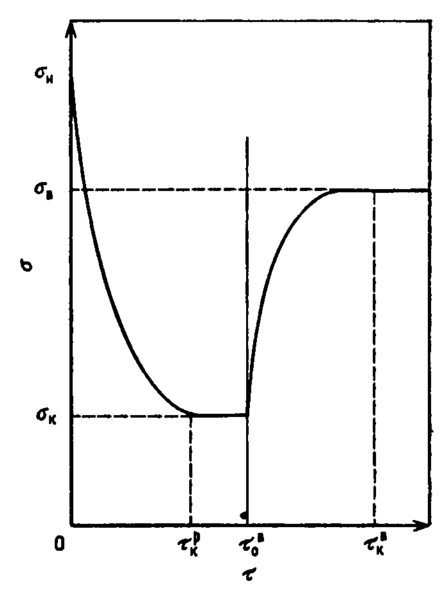


Рис. 72. Элементы структурного каркаса смазок на различных загустителях (15000х):

1 — гидратированная Са-смазка на СЖК (Солидол С); *2* — то же, на природных жирах — хлопковые масла и саломас (Солидол-Ж); *3* — комплексная Са-смазка на СЖК C_{10}—C_{20} и уксусной кислоте (Униол-1); *4* — безводная Са-смазка на 12-гидроксистеариновой кислоте (КСБ); *5* — Li-смазка на стеариновой кислоте (ЦИАТИМ-201); *6* — Li-смазка на 12-гидроксистеариновой кислоте (Литол-24); *7* — комплексная бариевая смазка (ШРБ-4); *8* — обычная Al-смазка (АМС-3); *9* — силикагелевая смазка (Сиол)

Рис. 73. Обобщенная кривая кннетнки тиксотропиого разрушения и восстаиовлення пластичиых смазок:

$\sigma_н$, $\sigma_к$, $\sigma_в$ — иапряжеиие сдвига до механического воздействия, по достнжеиии равновесного зиачеиия и после восстаиовлеиия соответстяенио; $\tau_к$, $\tau_о$, $\tau_к$ — отрезки времени, соответствующие коицу разрушення, началу восстановления и коицу восстановлення



Важная особенность смазок — быстрое восстаиовление разрушенных связей между частицами дисперсной фазы и приобретение ими свойств твердого тела после снятия нагрузки (тиксотропные свойства смазок). Она проявляется в уменьшении предела прочности и вязкого сопротивлеиия при механическом воздействии на смазку и в последующем полном или частичном восстановлении этих свойств после снятия нагрузок. Характер такого восстановления зависит от структуры смазок. Структура смазок может быть двух видов: конденсацноиая, образующаяся после охлаждения расплава и ие восстанавливающаяся после снятия механического воздействия, и обратимая (тиксотропная), которая после сиятия механического воздействия в большей или меньшей степени восстанавливается. Тиксотропное восстановление структуры очень важно для оценки свойств смазок, особенно предназначенных для открытых узлов трения.

Непосредственно после приготовления смазок в иих преобладает конденсационная структура с большим числом особо прочных связей. При механическом воздействии часть связей необратимо разрушается, поэтому после прекращения механического воздействия и продолжительного отдыха смазки полностью не восстанавливают свою структуру (рис. 73), т.е. смазки являются тиксолабильными системами. Однако из-за наличия в смазках большого числа менее прочных, но более подвижных связей, способных к очень быстрому (практически мгновенному) восстановлению, сплошность слоя смазки при течении не нарушается, поскольку места разрывов связей успевают «залечиваться».

Исследованиями структуры смазок в поляризоваином свете установлена стабильность во времени застывших картин смазок, что характеризует их как слабо релаксирующие тела с резко выраженной способностью тиксотропного восстановления. Для предельно разрушенных систем тиксотропное восстаиовление

связей является результатом сближения дисперсных частиц загустителя на расстояние, на котором действуют межмолекулярные силы при тепловом движении частиц. Учитывая сказанное выше, к смазкам применимы основные положения, присущие течению вязких жидкостей. Такой подход позволяет оценить структурные превращения в смазках в процессе их деформирования.

При обычных температурах и небольших нагрузках смазки сохраняют приданную им форму (не вытекают из мелкой опрокинутой тары), не выбрасываются центробежными силами из открытых и слабо герметизированных узлов трения, не сползают с наклонных и вертикальных поверхностей при нанесении их слоем умеренной толщины. При критической нагрузке, превышающей предел текучести (прочность структурного каркаса обычно равна 50—2000 Па), смазки деформируются и начинают течь как обычные вязкие жидкости. После снятия нагрузки течение смазок прекращается и они приобретают свойства твердого тела.

Смазки отличаются от масел наличием аномального внутреннего трения, их вязкость не описывается законом Ньютона и является функцией не только температуры, но и скорости деформации. Вязкость смазок резко уменьшается при повышении градиента скорости деформации, что также отличает их от масел.

Основные преимущества смазок по сравнению с маслами следующие: способность удерживаться в негерметизированных узлах трения; большая эффективность в работе при одновременном воздействии высоких температур, давлений, ударных нагрузок и переменных режимов скоростей; более высокие защитные свойства от коррозии; повышенная водостойкость; способность обеспечивать лучшую герметизацию узлов трения и предохранять их от загрязнения; значительно меньшая зависимость вязкости от температуры, что позволяет применять их в более широком интервале температур; лучшая смазочная способность; больший ресурс работоспособности и меньший расход. К недостаткам смазок следует отнести более низкую охлаждающую способность, большую склонность к окислению и сложность при использовании в централизованных системах.

Смазки применяют для надежного длительного смазывания узлов трения в случаях, когда применение масел невозможно из-за отсутствия герметичности, при невозможности пополнения узла трения, а также для уплотнения подвижных и неподвижных соединений и защиты узлов трения от коррозии.

В процессе работы смазка подвергается воздействию повышенных температур, скоростей и нагрузок, а также воздействию различных факторов окружающей среды (кислород воздуха, вода, пары коррозионно-активных соединений, радиация

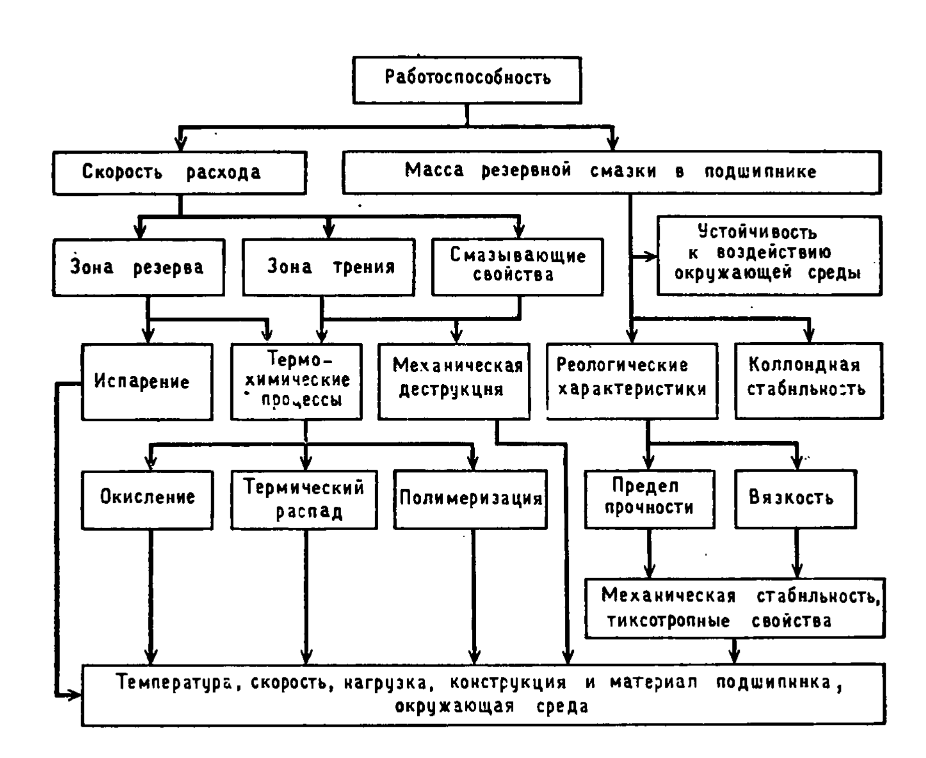


Рис. 74. Факторы, определяющие работоспособность смазки в подшипнике качения

и др.). Это сопровождается термическим разложением, термоокислительными процессами и полимеризацией, которые интенсифицируются деформацией сдвига и каталитическим действием ювенильных поверхностей трения. Все это в совокупности приводит к «старению» смазок и соответственно к ухудшению их эксплуатационных свойств. Расход смазок в процессе работы обусловлен также испарением масляной основы смазок, механической деструкцией загустителя, выделением масла из смазки и вытеканием его из узла трения.

Факторы, определяющие работоспособность смазки в подшипнике качения, приведены на рис. 74.

АССОРТИМЕНТ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗОК

Ассортимент отечественных смазок включает более 200 наименований. Смазки выпускаются предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также предприятиями химической промышленности, приборостроения, министерства путей сообщения и др. Стандарты на смазки, их ассортимент, основные характеристики и области применения приведены в табл. 6.7 и 6.8.

Таблица 6.7. Ассортимент, назначение, области применения и характеристика смазок

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Антифрикционные смазки				
Смазки общего назначения для обычных температур				
Солидол С, Пресс-солидол С (ГОСТ 4366—76)	Относительно грубые узлы трения механизмов и машин, транспортных средств, сельхозтехники, ручной и другой инструмент, шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы и др.	Хорошие водостойкость, коллоидная стабильность, защитные свойства, узкий предел рабочих температур и низкая механическая стабильность. Работоспособны от —30 до 65 °С, в мощных механизмах (подшипники, шарниры, блоки и т. п.) — от —50 °С	Загущение смеси масел кислотно-щелочной (70%) и селективной очистки (30%) кальциевыми мылами кубовых остатков СЖК (C_{20} и выше) и низкомолекулярных СЖК C_5—C_6	Солидол Ж, Литол-24
Солидол Ж, Пресс-солидол Ж (ГОСТ 1033—79)	Грубые узлы трения в машинах и механизмах транспортных средств, сельскохозяйственной техники, ручной и другой инструмент, шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы и др.	По основным характеристикам близки к синтетическим солидолам. Обладают лучшими вязкостно-температурными свойствами, меньше уплотняются при хранении, а также тиксотропно не упрочняются при отдыхе после разрушения. Работоспособны от —30 до 65 °С, в мощных механизмах (подшипники, шарниры и т. п.) — от —50 °С	Загущение смеси нефтяных масел средней вязкости гидратированным кальциевым мылом жирных кислот, входящих в состав природных (растительных и животных) жиров	Литол-24, Унирол-1
Графитная (ГОСТ 3333—80)	Узлы трения скольжения тяжелонагруженных тихоходных механизмов; рессоры, подвески тракторов и машин, открытые зубчатые передачи, шестеренки, опоры буровых долот и т. п.	Работоспособна от —20 до 70 °С; допускается к применению ниже —20 °С в рессорах и аналогичных устройствах	Близка к технологии получения синтетических солидолов, но приготовлена на более вязком нефтяном масле и содержит 10% графита	Солидол С с 10% графита
Смазки общего назначения для повышенных температур				
1-13 (ОСТ 38 01145—80)	Разнообразные подшипники качения, реже — скольжения; подшипники электродвигателей, ступиц колес автомобилей и т. п.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней; работоспособна от —20 до 110 °С	Загущение смеси нефтяных масел низкой и средней вязкости натриевым мылом жирных кислот, входящих в состав касторового масла; содержит немного кальциевого мыла тех же жирных кислот	Литол-24
Консталин (ГОСТ 1957—73)	Узлы трения вентиляторов, литейных машин, доменных и цементных печей, подшипников качения на железнодорожном транспорте и др.	Водостойкость низкая, при контакте с водой эмульгируется и растворяется в ней; работоспособна от —20 до 110 °С	Загущение цилиндрового масла натриевыми мылами касторового масла; кальциевое мыло отсутствует	Литол-24, Литол-459/5
Смазки многоцелевые				
Литол-24 (ГОСТ 21150—75)	Все типы подшипников качения и скольжения, шарниры, зубчатые и иные передачи, трущиеся поверхности колесных и гусеничных транспортных средств, индустриальных механизмов, электромашин	Высокие коллоидная, химическая и механическая стабильность, водостойка даже в кипящей воде, при нагревании не упрочняется. Работоспособна от —40 до 120 °С, в течение продолжительного времени сохраняет работоспособность при 130 °С	Загущение нефтяного масла вязкостью 60—75 мм²/с при 50 °С литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антиокислительную и вязкостную присадки	Литол-24РК, Алюмол
Литол-24РК (ТУ 38 УССР 201342—80)	Основные узлы трения колесных и гусеничных транспортных машин, индустриальных механизмов, электромашин	Водостойкая, антикоррозионная, рабоче-консервационная, обеспечивает консервацию узлов трения в течение 10 лет; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение смеси нефтяных масел литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антикоррозионную, защитную вязкостную и антиокислительную присадки	Литол-24, Зимол

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Фиол-1 (ТУ 38 УССР 201247—80)	Узлы трения, смазываемые через пресс-масленки или централизованные системы подачи смазки, гибкие валы или тросы управления в оболочках; маломощные редукторы, легконагруженные малогабаритные подшипники качения	Водостойкая; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение смеси нефтяных масел литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит вязкостную и антиокислительную присадки	Фиол-2
Фиол-2 (ТУ 38 УССР 201188—79)	Подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи индустриальных машин и механизмов, передачи станков, транспортеров и других аналогичных устройств, работающих при малых и средних нагрузках	То же	То же	Литол-24
Фиол-2М (ТУ 38 101233—75)	Легконагруженные малогабаритные подшипники качения и скольжения автомобильного электрооборудования, высокооборотные подшипники электроверетен; оси октан-корректора прерывателя распределителя автомобилей ВАЗ	Водостойкая, улучшенные противоизносные и противозадирные свойства (по сравнению с Фиол-2); работоспособна от —40 до 120 °С	По составу и технологии близка к смазке Фиол-2, дополнительно содержит дисульфид молибдена, улучшающий противоизносные и противозадирные свойства	ВНИИНП-242, Фиол-2У
БНЗ-3 (ГОСТ 51343—72)	Закрытые роликовые опоры конвейеров, механизмы экскаваторов, бурильных станков, бульдозеров горнорудной промышленности	По противоизносным характеристикам несколько уступает смазке Фиол-2М; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости литиевым мылом стеариновой кислоты и касторового масла; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	Литол-24
Алюмол (ТУ 38 40140—76)	Подшипники и другие узлы трения машин и механизмов	Водостойкая, хорошие адгезионные свойства; работоспособна от —40 до 150 °С	Загущение нефтяного масла комплексным алюминиевым мылом; содержит антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки	Литол-24, Унпол-1
Смазки термостойкие				
ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433—80)	Подшипники качения электромашин, систем управления и приборов с частотой вращения до 10 000 мин⁻¹, агрегатные подшипники летательных аппаратов, узлы трения и сопряженные поверхности «металл — резина» и работающие в вакууме	Нерастворима в воде и, несмотря на гигроскопичность, сохраняет стабильность даже при кипячении. При поглощении влаги уплотняется, что ухудшает низкотемпературные свойства; имеет низкие противоизносные характеристики, химически стойкая и инертная по отношению к резине и полимерным материалам. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па в интервале температур от —60 до 150 °С	Загущение кремнийорганической жидкости комплексным мылом стеарата и ацетата кальция; содержит антиокислительную присадку	ВНИИНП-207 (до —40 °С), ЦИАТИМ-221с (до 150 °С)
ЦИАТИМ-221с (ОСТ 38 01180—80)	Подшипники качения авиационных электромашин с частотой вращения 6000—8000 мин⁻¹	Водостойкая, гигроскопичная, низкотемпературная; работоспособна от —50 до 180 °С	По составу и технологии близка к смазке ЦИАТИМ-221; в качестве дисперсионной среды используют сополимер 3	ВНИИНП-207 (до —40 °С), ЦИАТИМ-221

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Униол-1 (ТУ 38 УССР 201150—78)	Узлы трения индустриального оборудования, туннельных печей, горячих конвейеров, горнодобывающего оборудования, автотракторной, сельскохозяйственной техники, городского электротранспорта, керамического производства	Гигроскопична, склонна к влагоупрочнению, хорошие коллоидная, механическая, химическая и термическая стабильность, противозадирные и противоизносные характеристики; работоспособна от —40 до 160 °С	Загущение нефтяных остаточных масел комплексным кальциевым мылом термообработанных синтетических жирных и уксусной кислот; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	Униол-2, Алюмол
ВНИИНП-207 (ГОСТ 19774—74)	Подшипники качения электромашин и стартер-генераторов с частотой вращения до 10 000 мин$^{-1}$	Водостойкая, гигроскопичная, повышенная термоокислительная стабильность; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 200 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и синтетического углеводородного масла комплексным мылом стеарата и ацетата кальция; содержит антиокислительную присадку	ЦИАТИМ-221 (до 150 °С)
ВНИИНП-210 (ТУ 38 101275—72)	Тяжелонагруженные тихоходные подшипники качения и скольжения с качательным движением трущихся поверхностей при малых углах качения	По свойствам занимает промежуточное положение между пластичными смазками и пастами; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загущение кремнийорганической жидкости индантреном, графитом, дисульфидом молибдена; содержит антиокислительную присадку	ВНИИНП-231, ВНИИНП-246
ВНИИНП-214 (ТУ 38 101505—74)	Реверсивные подшипники качения	Работоспособна в вакууме и при температуре от —60 до 180 °С	Загущение кремнийорганической жидкости комплексным мылом стеарата и ацетата кальция; содержит дисульфид молибдена и антиокислительную присадку	ВНИИНП-207, ЦИАТИМ-221
ВНИИНП-219 (ТУ 38 101471—74)	Подшипники качения электродвигателей и стартер-генераторов с повышенными нагрузками и частотой вращения до 9 000 мин$^{-1}$, шариковинтовые передачи летательных аппаратов	Работоспособна от —50 до 200 °С	По составу и технологии близка к смазке ВНИИНП-207, но в отличие от нее содержит дисульфид молибдена	ВНИИНП-207, ЦИАТИМ-221
ВНИИНП-231 (ОСТ 38 01113—76)	Закрытые червячно-винтовые механизмы, тихоходные подшипники качения и скольжения, резьбовые передачи	По свойствам занимает промежуточное положение между смазками и полутекучими пастами. Морозостойкая, работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загущение кремнийорганической жидкости техническим углеродом ДГ-100	ВНИИНП-246
ВНИИНП-233 (ТУ 38 101687—77)	Подшипники качения и скольжения с качательным движением, сопряженные поверхности «металл — резина»	Высокие термическая, механическая, коллоидная стабильность и противоизносные характеристики, устойчива к действию кислот; работоспособна от —30 до 250 °С	Загущение перфторполиэфира полимером	—
ВНИИНП-235 (ТУ 38 101297—78)	Подшипники качения	Вязкость смазки незначительно зависит от скорости деформации; высокая термическая и низкая коллоидная стабильность, хорошие противозадирные свойства. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загущение кремнийорганической жидкости органическим загустителем	ВНИИНП-231, ВНИИНП-246

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ВНИИНП-246 (ГОСТ 18852—73)	Подшипники качения и маломощные шестеренчатые передачи	Высокая термическая стабильность, низкая испаряемость, хорошие противозадирные характеристики и морозостойкость; работоспособна в вакууме до $1{,}3 \times 10^{-4}$ Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загущение кремнийорганической жидкости пигментом	ВНИИНП-210, ВНИИНП-231, ВНИИНП-235
ВНИИНП-247 (ТУ 38 401352—81)	Подшипниковые узлы маломощных и микроэлектромашин с частотой вращения до 20 000 мин$^{-1}$, зубчатые передачи электровентиляторов	Низкие гигроскопичность и термоупрочнение; работоспособна от —40 до 180 °С	По составу и технологии близка к смазке ВНИИНП-207	ВНИИНП-207
Графитол (ТУ 38 УССР 201172—77)	Высокотемпературные узлы трения, преимущественно скольжения; горячие вентиляторы, петли и замки дверей сушильных камер и других индустриальных механизмов	Высокая термическая стабильность, низкая испаряемость, хорошие противозадирные свойства, удовлетворительная водостойкость; работоспособна от —20 до 160 °С	Загущение нефтяного остаточного масла аэросилом; содержит графит	Аэрол
Аэрол (ТУ 38 УССР 201171—79)	Подшипники тяговых цепей транспортеров в сушильных камерах, узлов трения раздаточных печей чугунного литья и других механизмов, работающих при повышенных температурах и нагрузках	Повышенные противозадирные и противоизносные характеристики, высокие термическая стабильность и водостойкость, низкая испаряемость; работоспособна от —15 до 160 °С	По составу и технологии близка к смазке графитол, но вместо графита содержит дисульфид молибдена и декстрами	Графитол
Силикол (ТУ 38 УССР 201149—73)	Малонагруженные подшипники качения горячих вентиляторов печей цементации и других индустриальных механизмов	Низкая испаряемость и удовлетворительная водостойкость; по противозадирным свойствам значительно уступает графитолу и аэролу, однако превосходит их по морозостойкости; устойчива в агрессивных средах. Работоспособна от —50 до 160 °С	Загущение полиэтилсилоксановой жидкости аэросилом; содержит осерненное касторовое масло	Лимол
Полимол (ТУ 38 401112—83)	Закрытые подшипники качения тяжелонагруженных узлов трения	Беззольная, высокие термическая, механическая, коллоидная стабильность и хорошая водостойкость; работоспособна от —50 до 180 °С	Загущение синтетического углеводородного или нефтяного масла полимочевиной; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	Алюмол, ЛЗ-31, ЛДС-3 (до 130 °С)
БНЗ-4 (ТУ 38 УССР 201197—80)	Узлы трения, соприкасающиеся с парами воды и агрессивных веществ, сушильно-отделочные машины на трикотажных фабриках, вертикальные и наклонные узлы трения индустриальных машин, сушильных барабанов, тканепечатных машин, каландров, подшипники транспортеров сушильных камер на машиностроительных заводах	Устойчива в присутствии паров воды и агрессивных сред, высокие термическая и механическая стабильность, хорошие консервационные свойства; работоспособна от —40 до 160 °С	Загущение нефтяного масла силикагелем; содержит антиокислительную и другие присадки	БНЗ-5
БНЗ-5 (ТУ 38 УССР 201197—80)	Малонагруженные подшипники качения индустриальных механизмов с системами централизованной подачи смазки, цепные приводы и передачи	По основным свойствам можно отнести к полужидким смазкам; работоспособна от —50 до 160 °С	По составу и технологии близка к смазке БНЗ-4, однако содержит в 3 раза меньше загустителя	БНЗ-4, Зимол (до 130 °С)

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ПФМС-4С (ТУ 6.02.917—79)	Авиационные узлы трения, тихоходные подшипники качения, винтовые шариковые передачи, резьбы	По реологическим свойствам занимает промежуточное положение между смазками и пастами; повышенные противозадирные свойства, высокая термическая стабильность и низкая испаряемость; работоспособна от —30 до 300, кратковременно до 400 °С	Загущение полифенилметилсилоксановой жидкости тонкодисперсным графитом	—
		Смазки низкотемпературные		
ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267—74)	Узлы трения, работающие с малым усилием сдвига при невысоких нагрузках, авиационная техника, радиотехническое оборудование, электромеханические и другие приборы и точные механизмы, некоторые машины, работающие на Крайнем Севере	Удовлетворительная механическая стабильность, низкая коллоидная стабильность; морозо- и водостойкая; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 90 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку	Эра, Зимол, Лита
ЦИАТИМ-203 (ГОСТ 8773—73)	Зубчатые передачи, в том числе червячных редукторов, опоры скольжения и подшипники качения; авиационные механизмы, различные силовые приводы, винтовые пары, нагруженные редукторы, ответственные механизмы, эксплуатируемые на открытых площадках, узлы трения автомобилей, работающие в арктических условиях	Превосходит ЦИАТИМ-201 по химической и коллоидной стабильности, водостойкости и противоизносным характеристикам; работоспособна от —50 до 100 °С	Загущение нефтяного трансформаторного масла литиевым мылом технического саломаса и осерненного асидола; содержит вязкостную и противозадирную присадки	То же
Снарядная ВС (ГОСТ 3260—75)	Специфические узлы трения изделий специального назначения, работающие при небольших нагрузках	Водостойкая, невысокие защитные характеристики и коллоидная стабильность; работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение маловязкого индустриального масла гидратированным кальциевым мылом саломаса и касторового масла	ГОИ-54п, ВНИИНП-263
ГОИ-54п (ГОСТ 3276—74)	Маловагруженные узлы трения, в том числе механизмы артиллерийских орудий, консервация точных механизмов и приборов	Высокие защитные свойства; по коллоидной и химической стабильности, водостойкости превосходит другие низкотемпературные смазки. Не изменяет свойств при хранении в течение 10 лет, защищает металлические изделия от коррозии до 5 лет; работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла церезином; содержит антиокислительную присадку	Лита, МЗ
Лита (ОСТ 38 01295—83)	Узлы трения машин и механизмов, эксплуатируемых под открытым небом, механизмы переносного инструмента с электрическим или механическим приводом и др.	Высокая водостойкость, хорошие консервационные свойства, низкая механическая стабильность; работоспособна от —50 до 100 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратом лития и церезина	Зимол
Зимол (ТУ 38 УССР 201285—82)	Узлы трения любых типов транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особо холодным климатом	Высокие механическая и химическая стабильность, водостойкость, хорошие противоизносные и защитные свойства; всесезонная. Работоспособна от —50 до 130, кратковременно до 150 °С	Загущение средневязкого высокоиндексного низкотемпературного нефтяного масла гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку	Лита (до 100 °С), ЦИАТИМ-201 (до 90 °С)

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
		Смазки химически стойкие		
ЦИАТИМ-205 (ГОСТ 8551—74)	Резьбовые и контактные соединения и уплотнения, работающие в агрессивных средах	Устойчива к действию концентрированных неорганических кислот, щелочей, аминов, спиртов, гидразинов и др. Высокие водостойкость и защитные свойства; работоспособна от —60 до 50 °С	Загущение смеси высокоочищенных нефтяных масел белым церезином	ВНИИНП-279
ВНИИНП-279 (ГОСТ 14296—78)	Подшипники качения и скольжения, резьбовые соединения, разъемы, клапаны и др., работающие в атмосферном воздухе и в агрессивных средах	Хорошие противоизносные характеристики, высокие механическая, термическая, коллоидная стабильность и низкие защитные свойства; устойчива при работе в агрессивных средах. Уплотнительная; работоспособна на воздухе от —50 до 150, в агрессивных средах от —50 до 50 °С	Загущение синтетического углеводородного масла силикагелем	ВНИИНП-282
ВНИИНП-280 (ТУ 38 101818—80)	Подшипники качения, резьбовые и штыковые соединения, шпиндели, подвижные резиновые уплотнения, работающие в агрессивных средах, в том числе в газообразном кислороде	Хорошая морозостойкость, устойчива при работе в агрессивных средах. Уплотнительная; работоспособна от —60 до 150 °С	Загущение перфторполиэфира неорганическим загустителем	ВНИИНП-282 (от —45 °С)
ВНИИНП-282 (ГОСТ 24926—81)	Дыхательная аппаратура, резьбовые соединения и узлы трения, работающие в контакте со всевозможными агрессивными средами, в том числе с газообразным кислородом	Инертна к сильным окислителям, совместима с полимерами и резинами, водостойка, хорошие противозадирные свойства, не склонна к термоупрочнению; по стойкости к кислороду превосходит большинство химически стойких смазок. Уплотнительная; работоспособна от —45 до 150 °С	То же	№ 8
ВНИИНП-283 (ОСТ 38 01196—80)	Узлы трения, работающие в контакте с газообразным кислородом при давлении до 25 МПа, и резьбовые соединения при давлении кислорода внутри трубопровода до 100 МПа	Наиболее стойка в контакте с газообразным кислородом, водостойкость — удовлетворительная. Уплотнительная; работоспособна от —45 до 200 °С	Загущение перфторполиэфира неорганическим загустителем; содержит оксид металла	ВНИИНП-282 (до 150 °С)
ВНИИНП-294 (ТУ 38 101273—72)	Сопряженные поверхности «металл — металл» и «металл — резина» в среде спиртов, глицерина, уксусной кислоты, аминов и гидразинов	Инертна к резинам, устойчива к действию спиртов, уксусной кислоты, аминов, гидразинов. Работоспособна на воздухе от —60 до 150, в агрессивных средах от —60 до 50 °С	Загущение кремнийорганической жидкости неорганическим загустителем	—
ВНИИНП-295 (ТУ 38 101751—78)	Сопряженные поверхности «металл — резина» в среде глицерина, уксусной кислоты, аминов, гидразинов при давлении до 40 МПа	Хорошая морозостойкость, устойчива при работе в агрессивных средах; работоспособна в вакууме до $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ Па и при температуре от —60 до 150 °С	По составу и технологии близка к смазке ВНИИНП-294	—
ВНИИНП-298 (ТУ 38 101287—72)	Стеклянные и металлические подвижные соединения, работающие в вакуумных установках, термохимическая обработка металлов в агрессивных средах	Высокие адгезия и термостойкость, низкая испаряемость, хорошие влагостойкость и морозостойкость; работоспособна в вакууме до $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ Па и при температуре от —60 до 250 °С	Загущение кремнийорганической жидкости силикагелем	—

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Криогель (ТУ 38 101924—82)	Узлы трения арматуры, работающей в контакте с кислородом и другими газами, находящимися в жидком состоянии, а также работающих в парообразных агрессивных средах	Хорошие противоизносные и противозадирные свойства, инертна к кислороду и другим агрессивным средам, негорюча. Работоспособна в резьбовых и других неподвижных соединениях от —200 до 200, а в узлах трения скольжения от —60 до 200 °С	Загущение перфторполиэфиров неорганическим загустителем	**ВНИИНП-283** (от —45 °С)
№ 8 (ОСТ 95 510—77)	Резьбовые соединения, подвижные сальниковые устройства, различные узлы трения, работающие при низкой температуре в контакте с неорганическими кислотами, кислородная аппаратура при давлении до 10 МПа	Плотность в 2 раза выше, чем у обычных смазок, высокая стойкость к действию дымящей азотной, серной, соляной, хлорной кислот, пероксида водорода, хлора, галогеноводородов, жидкой и газообразной плавиковой кислоты; по отношению к аммиаку и аминам малостабильна, не ядовита, биологически инертная и водостойкая. Работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение галогеноводородов полимерами	**ВНИИНП-282**
Фторуглеродная 10 ОКФ (ОСТ 6.02.205—78)	Резьбовые соединения и резиновые уплотнения, сальниковые набивки насосов и арматуры трубопроводов, предназначенных для перекачки концентрированных кислот и работающих в контакте с галогенами, галогеноводородами, оксидами азота, концентрированным пероксидом водорода	Плотность в 2 раза выше чем у обычных смазок, высокая стойкость к действию дымящей серной, азотной, хлор- и фторсульфоновых кислот, галогенов, галогеноводородов, оксидов азота, пероксида водорода; антикоррозионная. Работоспособна при давлении кислорода до 21,6 МПа, и при температуре от 0 до 100 °С	Загущение фторхлоруглеродного масла полимером	**Фторуглеродная 3Ф**
Фторуглеродная 3Ф (ТУ 6.02.796—78)	Механизмы, работающие в контакте с концентрированными азотной, серной и соляной кислотами, хлором, бромом, пероксидом водорода, газообразным кислородом при давлении до 22 МПа	Стойкость к действию агрессивных сред такая же, как у смазок 10 ОКФ и № 8; работоспособна от 0 до 80 °С	Загущение фторхлоруглеродного масла полимером, но в отличие от 10 ОКФ содержит в 2 раза меньше загустителя	**Фторуглеродная 10 ОКФ**
Фторуглеродная КСТ (ОСТ 95.419—76)	Узлы трения, соприкасающиеся с концентрированными кислотами	По свойствам и стойкости к агрессивным средам аналогична смазкам 10 ОКФ и 3Ф; работоспособна от 0 до 50 °С	Загущение фторуглеродного масла полимером	**Фторуглеродная 3Ф**
		Смазки приборные		
ОКБ-122-7 (ГОСТ 18179—72)	Подшипники авиационных электромашин и координатно-расточных станков, прецизионные подшипники, точные механизмы, электромашины	Хорошие консервационные, противозадирные свойства, водостойкость, удовлетворительные коллоидная и химическая стабильность. Многоцелевая, консервационная, противозадирная; работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и нефтяного масла стеаратом лития и церезином	ЦИАТИМ-202, ОКБ-122-7-5
ОКБ-122-7-5 (ТУ 38 101588—80)	Узлы трения точных механизмов	По свойствам близка к смазке ОКБ-122-7; работоспособна от —40 до 80 °С	По составу и технологии близка к смазке ОКБ-122-7, однако церезина содержит в 3 раза меньше	ОКБ-122-7

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ЦИАТИМ-202 (ГОСТ 11110—75)	Скоростные подшипники, небольшие зубчатые передачи и другие узлы трения приборов и точных механизмов	Хорошие коллоидная стабильность, консервационные свойства, водостойкость и низкая испаряемость; работоспособна от —40 до 110 °С	Загущение смеси нефтяных масел вязкой и средней вязкости литиевым мылом стеариновой кислоты и касторового масла; содержит антиокислительную присадку	ОКБ-122-7
АЦ-1, АЦ-3 (ТУ 38 101383—73)	Резьбовые соединения наводящих винтов, шестеренчатых и червячных передач биноклей и теодолитов других точных механизмов и приборов; АЦ-1 — сопряжения, имеющие зазоры более 50 мкм, АЦ-3 — менее 20 мкм	Водостойки, высокие коллоидная и химическая стабильность, хорошие противозадирные свойства; работоспособны от —60 до 65 °С	Загущение смеси нефтяного масла и диоктилсебацината алюминиевым мылом СЖК и церезином	СОТ (от —10 °С)
Дельта-I, Дельта-III (ТУ 38 101833—80)	Окуляры с многозаходной резьбой; Дельта-I — узлы с зазором в резьбе >20 мкм, Дельта-III — <20 мкм	Противоизносные и противозадирные свойства удовлетворительны; работоспособны от —60 до 60 °С	Загущение смеси низкотемпературных нефтяных масел оксистеаратом лития, стеаратом алюминия и церезином; содержат вязкостную и антиокислительную присадки. Дельта-III отличается от Дельта-I меньшим содержанием загустителя	—
СОТ (ТУ 38 101382—73)	Резьбовые соединения оптических приборов кино- и фотоаппаратов в тропическом исполнении при зазорах в резьбах >50 мкм	Высокая адгезия; работоспособна от —10 до 85 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости церезином и силикагелем; содержит вязкостную присадку, антисептик и противоизносную добавку	—
ВНИИНП-223 (ГОСТ 12030—80)	Специальные скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60 000 мин$^{-1}$, подшипники скольжения и маломощные зубчатые передачи	Высокая степень очистки; работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от —45 до 150 °С	Загущение диоктилсебацината комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	ВНИИНП-228
ВНИИНП-228 (ГОСТ 12330—77)	Специальные скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60 000 мин$^{-1}$, чувствительные опоры точных механизмов и узлов трения счетно-решающих машин	Лучшие смазывающие свойства и бóльшая работоспособность при верхней температуре применения, чем у ВНИИНП-223; работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от —45 до 150 °С	Загущение смеси нефтяного масла и диоктилсебацината комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	ВНИИНП-223
ВНИИНП-257 (ГОСТ 16105—70)	Подшипники и маломощные зубчатые передачи, резьбовые соединения оптических приборов	Морозо- и кислородостойкая. Низкая водостойкость; работоспособна в вакууме до 1 мкПа и ниже и при температуре от —60 до 150 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и диоктилсебацината комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена	—
ВНИИНП-258 (ТУ 38 101349—79)	Подшипники качения электромашин, шарниры и пары скольжения различных устройств однократного действия	Морозостойкая; работоспособна в вакууме до 1 МПа и при температуре от —50 до 115 °С	Загущение кремнийорганической жидкости силикагелем	—
ВНИИНП-260 (ГОСТ 19832—74)	Скоростные шарикоподшипники с частотой вращения до 60 000 мин$^{-1}$	Высокие механическая и коллоидная стабильность; работоспособна при остаточном давлении 13,3 Па и при температуре от —50 до 180 °С	Загущение высоковязкого высокоиндексного нефтяного масла комплексным натриевым мылом; содержит противоизносную и антиокислительную присадки	—

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ВНИИНП-270 (ТУ 38 10164—76)	Шарикоподшипники маломощных электродвигателей с частотой вращения до 10 000 мин$^{-1}$, подшипники электромоторов потенциометров и гироскопов	Низкая испаряемость, высокая коллоидная стабильность, хорошие противозадирные свойства; низкая водостойкость. Работоспособна в вакууме до 10 мкПа и при температуре от —60 до 80 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и сложного эфира комплексным натриевым мылом; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена	—
ВНИИНП-271 (ТУ 38 101603—76)	Шарикоподшипники с частотой вращения до 30 000 мин$^{-1}$, а также с малым моментом трения	Хорошие противоизносные и противозадирные свойства, низкая коллоидная и высокая антиокислительная стабильность, хорошая морозостойкость; работоспособна от —60 до 130 °С	Загущение сложного эфира литиевым мылом стеариновой кислоты и гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	—
ВНИИНП-274 (ГОСТ 19337—73)	Малогабаритные прецизионные шарикоподшипники и маломощные редукторы с частотой вращения 15 000—300 000 мин$^{-1}$	Низкая испаряемость, высокие термическая и механическая стабильность, морозо- и кислородостойкая; работоспособна в вакууме до 10 МПа и при температуре от —80 до 130 °С	Загущение синтетического углеводородного масла неорганическим загустителем; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и дисульфид молибдена	—
ВНИИНП-286 (ТУ 38 101181—77)	Подшипники ротора гироскопа	Низкая коллоидная, высокие механическая стабильность и водостойкость, превосходит все остальные смазки для гироскопов по морозостойкости; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение масел гидрокрекинга и гидроизомеризации литиевым мылом стеариновой кислоты и гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную и противозадирную присадки	—
ВНИИНП-293 (ТУ 38 101604—76)	Малогабаритные шарикоподшипники с малыми нагрузками и пусковыми усилиями	Низкая коллоидная и высокая термическая стабильность, удовлетворительные противоизносные свойства; работоспособна в глубоком вакууме и при температуре от —60 до 150 °С	Загущение кремнийорганической жидкости литиевым мылом стеариновой кислоты и гидрированного касторового масла	—
ВНИИНП-299 (ТУ 38 101324—72)	Механизмы панорамирующих устройств кино- и фотоаппаратуры	Высокие коллоидная стабильность и адгезия; повышенная вязкость и малая зависимость ее от изменения температуры обеспечивают плавный ход и четкое фиксирование подвижных деталей кино- и фотоаппаратуры зимой и летом. Работоспособна от —30 до 50 °С	Загущение кремнийорганической жидкости силикагелем	—
Орион (ТУ 38 101805—80)	Состав для улавливания пыли на внутренних поверхностях оптических устройств	Работоспособна в вакууме до 10 мПа и при температуре от —60 до 60 °С	Загущение вакуумного масла стеаратом лития и церезином; содержит вязкостную и антиокислительную присадки	—
Смазки полужидкие				
ЦИАТИМ-208 (ГОСТ 16422—70)	Тяжелонагруженные редукторы, червячные и зубчатые передачи гусеничной техники	Хорошие адгезия и водостойкость; работоспособна длительное время в герметизированных узлах трения от —40 до 70 °С	Загущение смеси нефтяных масел кальциевыми мылами нафтеновых кислот и окисленного петролатума	Трансол-200
Шахтол (ТУ 38 УССР 201359—81)	Зубчатые редукторы угледобывающих комбайнов	Высокая водостойкость, хорошие противоизносные и противозадирные свойства, удовлетворительная механическая стабильность; работоспособна от —40 до 70 °С	Загущение нефтяного масла кальциевым мылом СЖК и окисленным петролатумом; содержит противоизносные и противозадирные присадки и триэтаноламин	Трансол-300

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Шахтол-К (ТУ 38 УССР 201374—84)	Зубчатые редукторы комбайнов калийных рудников	Работоспособна от —40 до 70 °С	Загущение нефтяного масла кальциевым мылом СЖК; содержит противоизносные присадки и талловое масло	Трансол-300
СТП-Л, СТП-З (ТУ 38 УССР 201232—76)	Зубчатые передачи тяговых редукторов тепловозов	СТП-Л — летняя, работоспособна от —5 до 50 °С; СТП-З — зимняя, работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение нефтяного масла (СТП-Л) и нефтяного маловязкого (СТП-З) октолом и гудроном масляным; содержат противоизносные доавки	Трансол-100, Трансол-200
ОЗП-1 (ТУ 38 УССР 201117—76)	Открытые зубчатые передачи мощных приводов вращающихся печей, кузнечно-прессового оборудования и др.	Высокие адгезионные, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна до 70 °С	Сплавление нефтяного гудрона, октола и битума, содержит противоизносную присадку	—
Трансол-100 (ТУ 38 УССР 201352—84)	Червячные редукторы и мотор-редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками в зацеплении до 400 МПа	Высокие термомеханическая и химическая стабильность, водостойкость, хорошие противоизносные и противозадирные свойства. Без замены и пополнения обеспечивает полный ресурс работы редукторов; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение смеси нефтяного масла и сложного эфира оксистеаратом лития; содержит антиокислительную и противоизносную присадки	—
Трансол-200 (ТУ 38 УССР 201352—84)	Цилиндрические и планетарные редукторы и мотор-редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками в зацеплении до 2000 МПа	Высокие противозадирные свойства и химическая стабильность; работоспособна от —30 до 130 °С	Загущение нефтяного масла гидроксистеаратом лития; содержит антикоррозионную антиокислительную, вязкостную и противозадирную присадки	Трансол-100
Трансол-300 (ТУ 38 УССР 201364—84)	Закрытые силовые передачи сельхозмашин, состоящих из цилиндрических и конических зубчатых зацеплений	Универсальная полужидкая смазка; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение нефтяного масла литиевым мылом СЖК; содержит антиокислительную, вязкостную и противоизносную присадки	Трансол-200
Приработочные пасты				
ВНИИНП-225 (ГОСТ 19782—74)	Подвижные и неподвижные резьбовые соединения, тяжелонагруженные тихоходные узлы трения	Работоспособна от —60 до 250 °С (алюминиевые сплавы), от —60 до 350 °С (легированные стали), от —40 до 300 °С (малооборотные узлы трения)	Загущение кремнийорганической жидкости мелкодисперсным дисульфидом молибдена; содержит стабилизирующую присадку	ВНИИНП-232, Лимол
ВНИИНП-232 (ГОСТ 14068—79) Кусково	Облегчение сборки, приработка и смазывание подшипников скольжения, шарниров зубчатых и винтовых передач, тяжелонагруженных тихоходных узлов трения, резьбовых соединений и т. п.	Противозадирная; работоспособна от —50 до 300 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости стеаратом лития	—
Лимол (ТУ 38 УССР 201146—80)	Облегчение сборки, приработка и смазывание подшипников скольжения, шарниров зубчатых и винтовых передач, тяжелонагруженных тихоходных узлов трения, резьбовых соединений и др.	Исключительно высокие противозадирные свойства; работоспособна от —50 до 300 °С	Загущение высоковязкого нефтяного масла силикагелем; содержит дисульфид молибдена, оксид металла и декстрамин	ВНИИНП-232

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Смазки узкоспециализированные (отраслевые)				
Смазки для электрических машин				
ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421—75)	Подшипники качения судовых электрических машин горизонтального исполнения	Водостойкая, хорошие противоизносные свойства и низкая испаряемость, удовлетворительная механическая стабильность. Работоспособна от —30 до 100 °С и влажности до 98%	Загущение смеси нефтяных масел стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и дисульфид молибдена	Фиол-2М
ЛДС-1 (ТУ 38 УССР 201291—77)	Закрытые подшипники качения электродвигателей серии 4А, работающие при высоких и средних нагрузках	Высокие механическая и антиокислительная стабильность, хорошие противоизносные свойства, повышенный ресурс работоспособности, водостойкая; работоспособна от —50 до 120 °С	Загущение смеси нефтяного масла и сложного эфира гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, вязкостную и противоизносную присадки	СВЭМ, ЛДС-3
ЛДС-3 (ТУ 38 1011053—85)	Закрытые подшипники качения узлов трения электродвигателей международной унифицированной серии А1 малошумного исполнения	Снижает шум при работе электромашин; работоспособна от —50 до 120 °С	Загущение смеси нефтяного масла и сложного эфира гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную, противозадирную присадки, фторопласт и дисульфид молибдена	ЛЗ-31
ЭШ-176 (ТУ 38 10196—76)	Подшипники электрических машин горизонтального и вертикального исполнения, подшипники машин в целлюлозно-бумажной промышленности	Хорошие противоизносные и противозадирные свойства, низкая механическая стабильность, склонна к уплотнению; работоспособна от —25 до 100 °С	Загущение смеси нефтяных масел литиево-цинково-свинцовым мылом СЖК, касторового масла, асидола и канифоли; содержит графит и оксид алюминия	ВНИИНП-242, ЛДС-1
СВЭМ (ТУ 38 101982—84)	Подшипники качения мощных судовых электрических машин вертикального и горизонтального исполнения	Высокие механическая, термическая и антиокислительная стабильность, хорошая морозостойкость и низкая испаряемость; обеспечивает весь ресурс работы закрытого узла трения, однако вызывает набухание резин и вредное воздействие на краску металлических деталей. Работоспособна от —50 до 120 °С	—	ВНИИНП-242, ЛДС-3
Смазки автомобильные				
АМ карданная (ГОСТ 5730—51)	Шарниры карданов постоянной угловой скорости передних ведущих мостов автомобилей	Вымывается из узлов трения, низкая механическая стабильность; работоспособна от —10 до 100 °С	Загущение нефтяного масла средней вязкости натриевым мылом саломаса, хлопкового и касторового масел и канифоли	ШРУС-4, Литол-24
Литол 459/5 (ТУ 38 101207—75)	Прерыватель распределителя зажигания автомобилей	Плотная водостойкая смазка; работоспособна от —40 до 120, кратковременно до 180 °С	Загущение нефтяного масла литиевым мылом стеариновой и 12-гидроксистеариновой кислот, содержит антиокислительную присадку	—
ЛСЦ-15 (ТУ 38 УССР 201224—80)	Шарниры и оси приводов акселератора, рычаги выключения сцепления, шлицевые соединения, механизмы стеклоподъемников, узлы трения промышленного оборудования	Высокие термическая, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильность, хорошие консервационные и адгезионные свойства; обеспечивает полный ресурс работы узлов. Водостойкая; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение смеси нефтяных масел литиевым мылом гидрированного касторового масла; содержит антиокислительную, вязкостную присадки и оксид цинка	Литол-24

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
ШРБ-4 (ТУ 38 УССР 201143—77)	Шаровые шарниры передней подвески, наконечники тяг рулевого управления автомобилей (на весь срок службы)	Водостойкая, не вызывает набухания резиновых уплотнений, волокнистая текстура, высокие противозадирные свойства; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение нефтяного масла комплексным бариевым мылом хлопкового масла, СЖК, 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот; содержит антиокислительную присадку	ШРУС-4, Лимол
ШРУС-4 (ТУ 38 УССР 201312—81)	Шарниры равных угловых скоростей полноприводных автомобилей и другие узлы трения	Водостойкая, высокие механическая и антиокислительная стабильность, противоизносные и противозадирные характеристики, низкая испаряемость; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение нефтяного масла гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную и противозадирную присадки, а также антифрикционные добавки	№ 158
Фиол-2У (ТУ 38 УССР 201266—79)	Игольчатые подшипники крестовин карданного вала автомобилей и другой наземной техники	Высокие антиокислительная, механическая и коллоидная стабильность, хорошие противоизносные и противозадирные характеристики, водостойкая; работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение смеси нефтяных масел гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и антифрикционную добавку	ШРУС-4, № 158
№ 158 (ТУ 38 101320—77)	Подшипники качения автотракторного оборудования, игольчатые подшипники карданных шарниров непостоянной угловой скорости	Хорошие антиокислительная и механическая стабильность, противоизносные характеристики, водостойкость — удовлетворительная. Действует на кожу рук, поэтому при применении необходимо соблюдать правила техники безопасности. Работоспособна от —30 до 100 °С	Загущение нефтяного масла литиево-калиевым мылом касторового масла и канифоли, содержит антиокислительную присадку и индантрен	ШРУС-4, Фиол-2У
ЛЗ-31 (ГОСТ 24300—80)	Подшипники качения закрытого типа на весь ресурс работы	Хорошие антиокислительная стабильность и антикоррозионные свойства, низкая испаряемость, высокие противоизносные свойства, при контакте с водой дисперсионная среда гидролизуется; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение сложного эфира стеаратом лития; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	ШРУС-4, ЛДС-3, ЛИТОЛ-24
КСБ (ТУ 38 УССР 201115—76)	Контакты электрического переключателя указателя поворотов автомобилей ВАЗ	Токопроводящая, предотвращает искрение в контактах и снижает радиопомехи, обеспечивает полный ресурс работы узлов трения; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом стеариновой кислоты и саломаса; содержит антиокислительную и противоизносную присадки, медную пудру и другие добавки	—
ДТ-1 (ТУ 38 УССР 201116—76)	Сборка деталей систем гидроприводов автомобилей, работающих в контакте с резиновыми техническими изделиями	Не вызывает набухания резиновых изделий, высокие противоизносные и противозадирные свойства, растворима в воде; работоспособна от —30 до 110 °С	Загущение касторового масла натриевым мылом касторового масла; содержит графит и другие антифрикционные добавки	—
Диспергол-1 (ТУ 38 УССР 201144—72)	Механизмы стеклоподъемников, замки, двери и другие детали автомобилей ВАЗ	Гигроскопична, работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение нефтяного масла комплексным кальциевым мылом стеариновой, 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот и церезином; содержит уайт-спирит	МЗ-10
МЗ-10 (ТУ 38 101622—76)	Механизмы стеклоподъемников, замки и стопорные механизмы дверей автомобилей ЗИЛ	Высокая адгезия и хорошие противоизносные, противозадирные и консервационные свойства; работоспособна от —40 до 130 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратом цинка и церезином; содержит вязкостную присадку и графит	Фиол-2М

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
		Смазки железнодорожные		
ЛЗ-ЦНИИ (ГОСТ 19791—74)	Роликовые подшипники железнодорожных вагонов	Хорошие противоизносные и противозадирные характеристики, низкая водостойкость, склонность к термоупрочнению и недостаточные консервационные свойства; работоспособна от —40 до 100 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла натриево-кальциевым мылом касторового масла, содержит антиокислительную и противоизносную присадки	ЖРО
ЖРО (ТУ 32 ЦТ 520—83)	Подшипники качения букс железнодорожных локомотивов, подшипники тяговых электродвигателей	Высокие водостойкость и противозадирные характеристики, обеспечивает без замены и пополнения 400 000 км пробега электровозов и тепловозов; работоспособна от —40 до 120 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла литиевым мылом стеариновой, олеиновой кислот и касторового масла; содержит антиокислительную присадку	ЛЗ-ЦНИИ
Кулисная ЖК (ТУ 32 ЦТ 549—83)	Гнезда трения кулисного механизма, соединения рессорного подвешивания	Невысокая водостойкость, хорошие адгезионные свойства; работоспособна от —30 до 80 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом жирового гудрона	Литол-24, ЖРО
ЦНИИ-КЗ (ТУ 32 ЦТ 896—82)	Защита от обледенения токоприемников электровозов и другого электроподвижного состава	Гигроскопична, отличные антиобледенительные характеристики; работоспособна от —40 до 40 °С	Загущение нефтяного масла, пропиленгликоля и глицерина литиевым мылом стеариновой кислоты и касторового масла, церезином; содержит антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки	—
ЖТ-72 (ТУ 38 101345—77)	Тормоза локомотивов при трении резины по металлу	Морозостойка; не вызывает набухания резиновых уплотнений автотормозных приборов; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение кремнийорганической жидкости комплексным кальциевым мылом стеариновой и уксусной кислот; содержит антиокислительную присадку и добавку, снижающую вязкость при отрицательных температурах	ЖТ-79Л, ЦИАТИМ-221
ЖТ-79Л (ТУ 32 ЦТ 1176—83)	Тормоза локомотивов и вагонов	Не вызывает набухания резины, хорошие противоизносные характеристики, морозо- и водостойкая; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и изопарафинового масла стеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и пластификатор	ЖТ-72
ЖА (ТУ 32 ЦТ 550—83)	Закладка в греющиеся буксы вагонов, оборудованные подшипниками скольжения для приработки поврежденных поверхностей	Антиаварийная, высокие приработочные, смазочные и адгезионные свойства, хорошие противоизносные характеристики, неводостойка; работоспособна от —30 до 100 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом асидол-мылонафта, содержит графит	—
ЖР (ТУ 32 ЦТ 553—83)	Уменьшение бокового износа рельс на кривых участках пути и гребней бандажей колесных пар	Растворима в воде, низкая коллоидная стабильность; работоспособна от —30 до 80 °С (единая), от —50 до 50 °С (зимняя)	Загущение смеси нефтяных масел натриево-кальциевым мылом жирового гудрона, касторового масла, саломаса; содержит графит, озокерит и серу	Графитная УСсА
ЖД (ТУ 32 ЦТ 548—83)	Разрезные дышловые подшипники, пальцы кривошипов и подшипников, оборудованных плавающими втулками	Водорастворима; работоспособна до 75—100 °С	Загущение нефтяного масла натриевым мылом саломаса и жирового гудрона; содержит до 6% воды и до 1,2% щелочи (NaOH)	—
Контактная (ТУ 38 УССР 201129—77)	Смазывание накладок и стыков рельс с целью обеспечения их устойчивой электропроводимости	Низкая испаряемость, хорошие коллоидная стабильность и водостойкость; токопроводящая; работоспособна от 0 до 60 °С	Загущение смеси нефтяных масел гидратированным кальциевым мылом СЖК; содержит графит	Графитная УСсА

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
		Смазки морские		
АМС-1, АМС-3 (ГОСТ 2712—75)	Предотвращение коррозии механизмов кораблей, подводных лодок, гидросамолетов	Высокие консервационные характеристики, адгезия к металлу, водостойкость; работоспособны от —15 до 65 °С (АМС-1), от 0 до 75 °С (АМС-3)	Загущение высоковязкого нефтяного масла алюминиевым мылом стеариновой и олеиновой кислот	—
МС-70 (ГОСТ 9762—76)	Подшипники качения и скольжения, непосредственно соприкасающиеся с морской водой	Высокие водостойкость, консервационные свойства и морозостойкость; обеспечивает периодическую работу механизмов в течение 10 лет; работоспособна от —45 до 65 °С, в мощных механизмах — от —50 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратами бария и алюминия, а также церезином; содержит вязкостную присадку	МЗ, Лита, Зимол
МУС-3А (ТУ 38 10171—74)	Высоконагруженные узлы трения, работающие в контакте с морской водой	Хорошие консервационные и противозадирные свойства, морозостойкая; работоспособна от —50 до 65 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла стеаратами бария и алюминия, а также церезином; содержит вязкостную и антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку	МС-70, МЗ
МЗ (ТУ 38 001263—76)	Узлы трения, работающие в контакте с морской водой	Хорошая коллоидная и удовлетворительная механическая стабильность; морозостойкая, рабоче-консервационная; работоспособна от —50 до 80 °С	Загущение нефтяного масла алюминиевым мылом и церезином	Лита, Зимол
		Смазки авиационные		
Эра (ТУ 38 101950—83)	Подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи систем управления самолетов	Высокие механическая, антиокислительная стабильность, хорошие антикоррозионные свойства и противоизносные и противозадирные характеристики, не вызывает набухания резиновых изделий; работоспособна от —60 до 120 °С	—	ЦИАТИМ-201 (ограниченно)
ВНИИНП-254 (ТУ 38 40146—83)	Узлы трения скольжения, работающие при высоких знакопеременных нагрузках, игольчатые подшипники и винтовые механизмы	Морозостойкая, высокие противозадирные характеристики, механическая и коллоидная стабильность и водостойкость; работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и при температуре от —60 до 150 °С	Содержит комплекс металлоплакирующих добавок	Свинцоль-01 (ограниченно)
ВНИИНП-261 (ТУ 38 401341—81)	Конические роликовые подшипники ступиц колес шасси летательных аппаратов	Высокие термостойкость, механическая и антиокислительная стабильность; работоспособна от —40 до 150, кратковременно до 200 °С	—	—
ВНИИНП-281 (ТУ 38 101123—81)	Скоростные агрегатные слабонагруженные подшипники некоторых самолетов	Хорошие смазывающие и низкотемпературные свойства, низкая испаряемость, удовлетворительная водостойкость, инертна к резине; работоспособна от —60 до 120 °С	Загущение смеси синтетических углеводородных масел комплексным натриевым мылом; содержит адгезионную и противоизносную добавки	—
Свинцоль-01 (ТУ 38 101577—76)	Тяжелонагруженные узлы трения (шарнирные соединения опор шасси и др.) некоторых самолетов и вертолетов	Повышенные противоизносные и противозадирные свойства, нерастворима в воде, токсичная; работоспособна от —60 до 90 °С	Добавление к смазке ЦИАТИМ-201 порошкообразного свинца	ВНИИНП-254
Свинцоль-02 (ТУ 38 101578—76)	Тяжелонагруженные узлы трения некоторых самолетов и вертолетов	Высокие противозадирные свойства, токсичная; работоспособна от —50 до 90 °С	Добавление к смазке ЦИАТИМ-203 порошкообразного свинца	ВНИИНП-254

Продолжение **табл. 6.7**

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
СТ (НК-50) (ГОСТ 5573—67)	Подшипники ступиц шасси самолетов	Низкие водо- и морозостойкость; работоспособна от —15 до 180 °C	Загущение нефтяного остаточного масла сернокислотной очистки натриевым мылом саломаса и технического жира; содержит коллоидный графит	**ВНИИНП-261**
№ 9 (ТУ 38 001116—73)	Специфические узлы трения	Морозостойкая, консервационные свойства и водостойкость удовлетворительные, антиокислительная и коллоидная стабильность низкие; работоспособна от —60 до 80 °C	Загущение маловязкого нефтяного масла бариевосвинцовым мылом стеариновой кислоты	—
Смазки индустриальные				
Унипол-2 (ГОСТ 23510—79)	Узлы трения металлургического и горнообогатительного оборудования с системами централизованной подачи смазки	Высокая термостойкость, хорошие противозадирные характеристики и прокачиваемость, влагоупрочняется при хранении; работоспособна от —30 до 160 °C	Загущение высокоиндексного нефтяного остаточного масла комплексным кальциевым мылом СЖК и уксусной кислоты, содержит антиокислительную, противоизносную, и антикоррозионную присадки	**Униол-1**
ИП-1 (Л, З) (ТУ 38 101820—80)	Подшипники металлургического оборудования с централизованной подачей смазки	Хорошие водостойкость и противозадирные характеристики, низкие морозостойкость и механическая стабильность, удовлетворительная коллоидная стабильность; работоспособна от 0 до 70 °C (Л) и от —10 до 70 °C (З)	Загущение цилиндрового нефтяного масла кальциевым мылом хлопкового масла и саломаса; содержит противозадирную присадку	**Униол-2**
ЛКС-2 (ТУ 38 1011015—85)	Подшипниковые узлы главных шпинделей металлорежущих станков, оснащенных шариковыми и роликовыми подшипниками	Высокие механическая, коллоидная, антиокислительная и термическая стабильность, повышенные противоизносные свойства; работоспособна от —40 до 150 °C	Загущение смеси синтетических масел комплексным литиевым мылом; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	—
ЛКС-металлургическая (ТУ 38 401124—85)	Подшипники качения металлургического оборудования	Закладная, высокие термическая, механическая и антиокислительная стабильность, водостойкость, хорошие противоизносные и противозадирные характеристики; работоспособна от —30 до 150, кратковременно до 170 °C	Загущение нефтяного остаточного масла комплексным литиевым мылом; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки и и антифрикционную добавку	—
КБС (ТУ 38 1011019—85)	Подшипниковые узлы координатно-расточных станков, оснащенных упорными роликовыми подшипниками	Высокая механическая стабильность, водостойкая; работоспособна от —30 до 110 °C	Загущение смеси нефтяных масел безводным кальциевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антикоррозионную и антиокислительную присадки	ЛКС-2
ЛС-1П (ТУ 38 УССР 201145—77)	Тяжелонагруженные узлы трения литейного, кузнечно-прессового и другого оборудования с централизованной системой подачи смазки	Водостойкая, хорошая механическая стабильность, противозадирная; работоспособна от —40 до 130 °C	Загущение смеси нефтяных масел литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит противозадирные и антиокислительную присадки	**Униол-2**
Старт (ТУ 38 401204—81)	Подшипники скоростных шпинделей	Высокие термическая, коллоидная и антиокислительная стабильность, удовлетворительная водостойкость; работоспособна от —40 до 140 °C	Загущение смеси нефтяного и синтетического масел комплексным натриевым мылом; содержит антикоррозионную и антиокислительную присадки	ЛКС-2

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Сиол (ТУ 38 10152—74)	Скоростные подшипники электроверетен и нажимных валиков прядильных машин, работающие при частотах до 16 000 мин$^{-1}$	Высокие термо- и водостойкость; удовлетворительные консервационные свойства; работоспособна от —30 до 130 °C	Загущение смеси нефтяных масел аэросилом; содержит дисульфид молибдена	ВНИИНП-242
ВНИИНП-273 (ТУ 38 101476—74)	Подшипники качения и скольжения, шарико-винтовые передачи, реечные и винтовые приводы, резьбовые соединения, работающие в условиях воздействия радиации	Хорошие противозадирные свойства, коллоидная и химическая стабильность, мягкая консистенция; работоспособна от —20 до 120 °C	Загущение синтетического углеводородного масла неорганическими загустителями; содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку	ВНИИНП-275
Ротационная ИР (ОСТ 38 137—74)	Узлы трения ротационных машин	Высокие адгезия, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна от —15 до 65 °C в течение 10 и более лет	Загущение нефтяного остаточного масла стеаратом алюминия	АМС-1
Смазки буровые				
Долотол Н (ТУ 38 УССР 201369—81)	Шарошечные долота с негерметизированной опорой качения и скольжения	Высокие механическая, коллоидная и антиокислительная стабильность, водостойкость, противозадирные и консервационные характеристики; работоспособна от —20 до 150 °C	Загущение нефтяного остаточного масла гидроксистеаратом лития; содержит антиокислительную присадку и антифрикционные добавки	—
Долотол АУ (ТУ 38 УССР 201370—81)	Шарошечные долота с герметизированной опорой скольжения	Высокие антиокислительная стабильность и противозадирные характеристики, водо- и термостойкая, консервационная; работоспособна от —30 до 250 °C	Загущение нефтяного остаточного масла комплексным кальциевым мылом СЖК; содержит антифрикционные добавки	—
Долотол НУ (ТУ 38 УССР 201371—81)	Шарошечные долота с герметизированной опорой качения и скольжения	Высокие механическая и коллоидная стабильность, водостойкость, противозадирные и консервационные свойства	Загущение нефтяного остаточного масла безводным кальциевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты; содержит антифрикционные добавки и антиокислительную присадку	—
Геол-1 (ТУ 38 УССР 201385—82)	Нанесение на поверхность бурильных труб и керноприемных устройств для высокооборотного геологоразведочного бурения	Водостойкая, консервационная и противозадирная; работоспособна от —10 до 60 °C	Загущение смеси нефтяных масел гидратированным кальциевым мылом СЖК; содержит адгезионные присадки и антифрикционную добавку	—
Смазки электроконтактные				
ВНИИНП-248 (ТУ 38 101643—76)	Скользящие электрические контакты проволочных резисторов	Мягкая консистенция, высокое удельное сопротивление, хорошие морозо-, термо- и водостойкость; работоспособна от —60 до 200 °C	—	—
ВНИИНП-502 (ТУ 38 101771—79)	Слаботочные электрические контакты модульных переключателей	Электроконтактная, высокие водостойкость, адгезия, механическая стабильность и консервационные свойства; работоспособна от —40 до 100 °C	—	—
Паста 164-39 (ТУ 602989—77)	Скользящие контакты селекторов каналов телевизоров и других приборов	Высокие термическая стабильность и морозостойкость, невысокое удельное сопротивление; работоспособна от —60 до 150 °C	Загущение кремнийорганической жидкости неорганическими загустителями; содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	—

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Электра-1 (ТУ 38 401301—80)	Скользящие контакты типа «кольцо — щетка» коллекторного узла вращающихся трансформаторов	Высокая термическая стабильность, хорошие противоизносные характеристики и водостойкость, большой срок службы при переходном сопротивлении менее 0,1 Ом; работоспособна от —40 до 120 °С	—	—
Консервационные (защитные) смазки				
Смазки общего назначения				
Пушечная (ПВК) (ГОСТ 19537—83)	Защита от коррозии металлических изделий, предотвращение ржавления изделий из черных и цветных металлов, консервация металлических изделий и механизмов	Высокие адгезионные и консервационные свойства, водостойкость, удерживается на наклонных и вертикальных поверхностях; работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение нефтяного масла петролатумом и церезином; содержит антикоррозионную присадку	ГОИ-54п, Солидол С, ВТВ-1
ВНИИСТ-2 (ТУ 38 101379—73)	Изоляция наземных трубопроводов	Полужидкая, морозостойкая; работоспособна от —60 до 40 °С	Загущение смеси нефтяного масла петролатумом; содержит защитную смазку НГ-204у	—
ВТВ-1 (ТУ 38 101180—76)	Предотвращение окисления клемм аккумуляторов автомобилей, консервация металлических изделий и наружных поверхностей механизмов при транспортировании или длительном хранении	Высокие водостойкость, адгезионные и консервационные свойства, хорошая морозостойкость; работоспособна от —40 до 45 °С	Загущение нефтяного масла церезином и парафином; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки	Пушечная
ВТВ-1, аэрозольная упаковка (ТУ 6 15.954—80)	Консервация неокрашенных и декоративных металлических поверхностей, клемм аккумуляторов, замков автомобилей и т. п.	Морозостойкая; работоспособна от —40 до 50 °С	Растворение вазелина ВТВ-1 в бензине-растворителе	—
ПП-95/5 (ГОСТ 4113—80)	Защита от коррозии боеприпасов при особо длительном хранении.	Хорошие водостойкость, адгезия и консервационные свойства; работоспособна от —40 до 40 °С	Сплавление петролатума с парафином; содержит избыток NaOH (до 0,2%)	Пушечная
АК (ТУ 32 ЦТ 552—78)	Защита от коррозии стальных тросов и деталей контактной сети электрифицированных железных дорог	Работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение цилиндрового масла церезином; содержит избыток NaOH (до 0,3%)	Пушечная
ЗЭС (ТУ 38 101474—74)	Защита от коррозии грозозащитных тросов и арматуры высоковольтных линий электропередач, машин и механизмов, хранящихся и эксплуатируемых на открытом воздухе	Высокие водостойкость и адгезия, хорошие консервационные свойства; работоспособна до 100 °С	Загущение цилиндрового масла алюминиевым мылом СЖК и петролатумом	АМС-1
ПН (ТУ 38 101876—81)	Смазывание малокалиберных спортивных патронов	Высокие коллоидная стабильность, водостойкость, консервационные и антифрикционные свойства; работоспособна от —30 до 50 °С	Загущение нефтяного масла твердыми высокоплавкими углеводородами; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки	—
БВН-1 (ГОСТ 5656—60)	Резьбовые соединения, нагреваемые до высоких температур, механизмы затворов орудий	Полужидкая; работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение смеси нефтяных масел церезином или маловязкого масла смазкой ГОИ-54п; содержит антикоррозионную присадку и коллоидный графит	Графитная, УСсА

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Смазки канатные и пропиточные составы				
Канатная 39У (ТУ 38 УССР 201335—80)	Рудничные и буровые канаты, тросы, подъемно-транспортные машины	Хорошие водостойкость, адгезия к металлу, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна от —25 до 50 °C	Сплавление нигрола, гудрона масляного, церезина, кубовых остатков СЖК и триэтаноламина	Торсиол-35
БОЗ-1 (ТУ 39 9157—75)	Стальные канаты при их изготовлении	Хорошие адгезия к металлу, водостойкость и консервационные свойства; работоспособна от —20 до 50 °C	Загущение нефтяного масла озокеритом и петролатумом; содержит антикоррозионную присадку	39У, Торсиол-35
Торсиол-35Б (ТУ 38 УССР 201214—80)	Стальные канаты различного назначения при их изготовлении	Хорошие водо- и морозостойкость, адгезионные, консервационные и антифрикционные свойства; работоспособна от —35 до 50 °C	Загущение смеси нефтяных масел церезином; содержит буроугольный воск и окисленный петролатум	39У
Торсиол-35Э (ТУ 38 УССР 201214—80)	Смазывание стальных канатов различного назначения при их эксплуатации	Водо- и морозостойкая; работоспособна от —35 до 50 °C	Разбавление смазки Торсиол-35Б перхлорэтиленом	Торсиол-35Б
Торсиол-55 (ГОСТ 20458—75)	Стальные канаты при их изготовлении, эксплуатирующиеся при особо низких температурах, смазывание канатов при эксплуатации	Морозостойкая, высокие водостойкость, адгезия к металлу, антифрикционные и консервационные свойства; работоспособна от —60 до 50 °C	Загущение смеси нефтяного масла и кремнийорганической жидкости твердыми углеводородами; содержит антикоррозионную присадку	—
Ваерол (ТУ 38 УССР 201406—86)	Стальные канаты промысловых и грузоподъемных устройств морских судов при их изготовлении	Высокие адгезия к металлам, водостойкость, защитные свойства и антифрикционные характеристики; работоспособна от —30 до 50 °C	Загущение смеси нефтяных масел церезином и природными восками; содержит антикоррозионную и адгезионную присадки	—
Ваерол-Э (ТУ 38 УССР 201443—84)	Смазывание в процессе эксплуатации стальных канатов промысловых и грузовых устройств морских судов	Высокие адгезия к металлам, водостойкость, защитные свойства и антифрикционные характеристики; работоспособна от —30 до 50 °C	Разбавление смазки Ваерол растворителем	—
ВНИИНП-265 (ТУ 38 101156—76)	Смазывание стальных канатов на установках со шкивами трения	Фрикционная, высокие водостойкость, адгезионные и консервационные свойства; работоспособна от —15 до 50 °C	Сплавление природного воска с гудроном; содержит адгезионную присадку	ВНИИНП-278
ВНИИНП-278 (ТУ 38 101630—76)	Смазывание стальных канатов в подъемных устройствах с тяговыми шкивами	Фрикционная, водо- и морозостойкая, адгезионная, хорошо защищает от коррозии, обеспечивает высокий коэффициент трения между канатом и шкивом	Загущение маловязкого нефтяного масла октолом и буроугольным воском; содержит вязкостную присадку	—
КФ-10 (ТУ 38 УССР 201379—86)	Канаты многоканатных подъемных устройств с фрикционными шкивами при их изготовлении	Фрикционная, высокие адгезия, водостойкость, консервационные свойства; обеспечивает необходимый коэффициент трения между канатами и фрикционными шкивами; работоспособна от —10 до 50 °C	Загущение нефтяных масел петролатумом и битумным структурообразователем; содержит канифоль	—
КФ-10Э (ТУ 38 УССР 201379—86)	Смазывание стальных канатов шахтных многоканатных подъемных устройств в процессе их эксплуатации	Фрикционная, высокие адгезионные, консервационные свойства и водостойкость; работоспособна от —10 до 50 °C	Растворение смазки КФ-10 в перхлорэтилене	—
Е-1 (ГОСТ 15037—69)	Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения	Высокие адгезионные, консервационные, антифрикционные свойства и водостойкость; работоспособна от —20 до 50 °C	Загущение нигрола зимнего петролатумом; содержит серу и нафтенат меди	Е-86

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Технология получения работы	Характеристика и режим	Заменитель
Е-9 (ТУ 38 УССР 201223—75)	Пропитка органических сердечников стальных канатов, работающих со смазкой Торсиол-55	Наиболее морозостойкая из всех отечественных пропиточных составов; работоспособна от —50 до 50 °С	Загущение смеси нефтяного и синтетического масел октолом и озокеритом; содержит нафтенат меди и серу	—
Е-86 (ТУ 38 УССР 201461—85)	Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения	Высокие адгезионные, консервационные и антифрикционные характеристики, водостойкость; работоспособна от —35 до 50 °С	Загущение нефтяного масла природными восками; содержит адгезионную и антисептическую присадки	—
Уплотнительные (резьбовые) смазка				
Р-2 (ТУ 38 101332—76)	Резьбовые соединения обсадных и насосно-компрессорных труб буровых скважин	Хорошие водо- и морозостойкость; работоспособна от —30 до 50 °С	Загущение смеси индустриальных масел стеаратом алюминия; содержит порошки свинца, медную пудру и графит	Р-402
Р-113 (ТУ 38 101708—78)	Резьбовые соединения забойных двигателей, переводников, долот, замков, бурильных труб глубоких и сверхглубоких скважин	Водостойкая, токсичная; работоспособна от —30 до 200 °С	Загущение смеси кремнийорганической жидкости и нефтяного масла стеаратами алюминия и лития; содержит порошок свинца, оксид свинца и сульфид свинца	Р-416 (до 100 °С)
Р-402 (ТУ 38 101708—78)	Резьбы обсадных труб глубоких газоконденсатных скважин и насосно-компрессорных труб любого диаметра	Водостойкая, токсичная; работоспособна от —50 до 200 °С	Загущение смеси нефтяных масел и кремнийорганической жидкости стеаратами лития и алюминия; содержит порошки свинца, цинка, меди и графит	Р-2 (до 50 °С)
Р-416 (ТУ 38 101708—78)	Сборка и разборка буровой техники с крупной резьбой, обеспечение герметичности соединений до 30 МПа	Водостойкая, хорошие консервационные и противозадирные свойства, токсичная; работоспособна от —30 до 100 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла литиевоцинковым мылом стеариновой и синтетических жирных кислот, а также буроугольным воском; содержит триэтиленгликоль, порошок свинца, оксид свинца и сульфид свинца	Р-113
ВНИИНП-263 (ГОСТ 16862—71)	Обеспечение герметичности резьбовых соединений, облегчение ввертывания и вывертывания резьб	Хорошие водо- и морозостойкость, при температуре выше 100 °С высыхает; обеспечивает герметичность резьбового соединения при нормальном давлении и неглубоком вакууме; работоспособна от —50 до 100 °С	Загущение нефтяного масла силикагелем; содержит многофункциональную присадку	Р-416
ВНИИНП-291 (ТУ 38 001198—74)	Герметизация кранов, находящихся в системах подачи хозяйственно-питьевой воды	Хорошие водостойкость и коллоидная стабильность, нерастворима в нефтепродуктах; работоспособна от 0 до 100 °С	Загущение касторового масла неорганическим загустителем; содержит глицерин	ВНИИНП-292
ВНИИНП-292 (ТУ 38 101472—74)	То же	Высокие адгезия к металлам и водостойкость; работоспособна от 0 до 100 °С	Загущение нефтяного масла силикагелем; содержит вязкостную присадку	ВНИИНП-291
ВНИИНП-300 (ТУ 38 101298—72)	Смазывание подвижных соединений лабораторных высоковакуумных установок; неподвижная фаза для газожидкостных хроматографов	Высокие водостойкость, адгезионные и консервационные характеристики; работоспособна от 0 до 50 °С	Загущение высоковязкого нефтяного масла петролатумом; содержит натуральный каучук	Вакуумная
Вакуумная (ОСТ 38 0183—75)	Уплотнение подвижных соединений вакуумных установок из стекла и металла	Каучукообразная мазь, исключительно водостойкая, высокие адгезионные и консервационные свойства; работоспособна от 0 до 40 °С	Загущение высоковязкого вазелинового масла церезином; содержит натуральный каучук	ВНИИНП-300

Продолжение табл. 6.7

Смазка (ГОСТ, ТУ)	Назначение	Характеристика и режим работы	Технология получения	Заменитель
Замазка вакуумная (ОСТ 38 0194—75)	Уплотнение разборных, но неподвижных соединений вакуумных установок	Водостойкая, высокие адгезионные и консервационные характеристики; работоспособна от —10 до 40 °С	Загущение высоковязкого вазелинового масла вакуумной смазкой и церезином; содержит косметический каолин	—
Замазка ЗЗК-3у (ГОСТ 19538—74)	Герметизация щелей в люках, крышках, дверях и других неплотностей боевых и транспортных машин при их длительной консервации	Высокие адгезионные свойства и водостойкость; работоспособна от —40 до 50 °С	Загущение высоковязкого нефтяного масла алюминиевым мылом СЖК и петролатумом; содержит синтетический каучук	—
ЛЗ-162 (ТУ 38 101315—77)	Прямоточные задвижки и пробковые краны фонтанирующих нефтяных и газовых скважин при давлении в забое до 100 МПа	Растворима в углеводородах и нерастворима в воде; работоспособна от —25 до 130 °С	Загущение маловязкого нефтяного масла литиево-цинковым мылом СЖК; содержит канифоль, порошкообразную слюду и оксид алюминия	—
Бензиноупорная (ГОСТ 7171—78)	Герметизация пробковых кранов и резьбовых соединений топливных и масляных систем некоторых двигателей	Практически нерастворима в органических растворителях и воде; работоспособна от —10 до 40 °С	Загущение окисленного касторового масла цинковым мылом касторового масла	Для газовых кранов (наземная техника)
Для газовых кранов (ТУ 38 101316—78)	Арматура газовых магистралей и распределительных станций при давлении до 5 МПа	Нерастворима в нефтепродуктах, хорошо растворима в спирте и кислородсодержащих растворителях; работоспособна от 0 до 50 °С	Загущение касторового масла гидратированным кальциевым мылом касторового масла	—
Насосная (ТУ 38 101311—78)	Сальниковые уплотнения нефтяных и грязевых насосов высокого давления буровых установок	Водостойкая, нерастворима в углеводородах, спиртах, глицерине и т. п.; работоспособна от —20 до 120 °С	Загущение окисленного касторового масла коллоидно-графитовым препаратом; содержит стеарат лития в качестве стабилизатора структуры	ЛЗ-162
Арматол-238 (ТУ 38 101812—83)	Герметизация запорных устройств устьевого нефтепромыслового оборудования нефтяных и газовых месторождений; используют при содержании в газе ⩽25% (H_2S+CO_2)	Мало растворима в жидких и газообразных углеводородах, частично растворяется в бензине; работоспособна от —50 до 120 °С	Загущение смеси касторового и синтетического масел аэросилом; содержит графит	—

Таблица 6.8. Характеристики смазок в соответствии с классификацией по областям применения

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25 °С, 10^{-4} мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 $с^{-1}$, Па·с	Коллоидная стабильность, %
Антифрикционные смазки					
Смазки общего назначения для обычных температур					
Солидол С	85—105	260—310	300—700	⩽200	1—5
Пресс-солидол С	85—95	310—350	70—200	⩽100	2—10
Солидол Ж	75—87	230—290	300—600	⩽250	7—13
Пресс-солидол Ж	⩾75	330—355	—	⩽100	7—13
Графитная	77—85	250—280	300—700	⩽100	2—5
Смазки общего назначения для повышенных температур					
1-13	⩾120	180—250	500—1000	⩽500	⩽20
Консталин	⩾130	225—275	150—300	250—500	8—20
Смазки многоцелевые					
Литол-24	⩾185	220—250	500—1000	⩽280	⩽12
Литол-24РК	⩾180	200—250	450—1100	⩽280	⩽12
Фиол-1	⩾185	310—340	⩾250	⩽200	⩽25
Фиол-2	⩾188	265—295	300	⩽250	⩽16
Фиол-2М	⩾180	265—295	300	⩽250	⩽15
БНЗ-3	⩾170	230—280	550—770	⩽500	⩽15
Алюмол	⩾230	220—250	500—1000	⩽280	⩽12

Продолжение табл. 6.3

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25 °С, 10^{-4} мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 $с^{-1}$, Па·с	Коллоидная стабильность, %
Смазки термостойкие					
ЦИАТИМ-221	≥200	280—360	250—450	80—200	≤7
ЦИАТИМ-221с	≥200	255	40—180	165	≤9
Униол-1	≥200	280—320	200—500	≤160	≤10
ВНИИНП-207	≥250	220—245	250—500	180—200	≤7
ВНИИНП-210	—	390	70	250	≤12
ВНИИНП-214	≥200	—	≥100	160	≤15
ВНИИНП-219	≥250	360	250—500	180—200	≤7
ВНИИНП-231	—	330	250—450	50—75	≤8
ВНИИНП-233	—	320	50—160	100	≤10
ВНИИНП-235	—	325	100—150	≤300(—40 °С)	≤19
ВНИИНП-246	—	345	400—600	60—200	≤10
ВНИИНП-247	≥200	220	690	220	≤8
Графитол	≥250	265—295	350—700	300—600	≤8
Аэрол	≥250	265—295	300—700	300—700	≤8
Силикол	≥250	220—250	700—1000	≤550	≤9
Полимол	≥250	240—280	300—700	400—700	≤4
БНЗ-4	≥250	265—295	400—420	150—400	≤12
БНЗ-5	≥230	≥400	0	≤100	—
ПФМС-4С	—	—	100—200	200—250	1,6
Смазки низкотемпературные					
ЦИАТИМ-201	≥175	265—310	350—500	≤1100(—50 °С)	≤26
ЦИАТИМ-203	≥160	250—300	350—700	≤1000(—30 °С)	≤10
Сиарядная ВС	≥70	230—280	300—500	230—490(—30 °С)	15—35
ГОИ-54п	≥60	200—245	200—600	≤1200(—40 °С)	≤15
Лита	≥170	240—265	550—750	≤1000(—30 °С)	≤20
Зимол	≥190	240—290	300—1000	≤2000(—50 °С)	≤20
Смазки химически стойкие					
ЦИАТИМ-205	≥65	≤165	≥1200	1000—2500	≤5
ВНИИНП-279	≥250	310	200—300	120—200	≤3,5
ВНИИНП-280	—	—	350	≤850(—40 °С)	≤8
ВНИИНП-282	≥250	240	280—750	250	10
ВНИИНП-283	≥250	200—220	420—790	240—340	≤6
ВНИИНП-294	—	285	580	265	≤6
ВНИИНП-295	—	320	130	25—50	≤5
ВНИИНП-298	—	220—250	440	380	≤6,5
Криогель	—	320—355	260—350	120—150	≤9
№ 8	≥140	220	500—750	250—400	≤14
Фторуглеродная 10 ОКФ	≥150	175	≥300	6000	≤3
Фторуглеродная 3Ф	≥120	290	150—250	2000—5000	2—10
Фторуглеродная КСТ	—	>360	0	2200	—
Смазки приборные					
ОКБ-127-7	180—205	195	1000—1500	500—700	≤10
ОКБ-122-7-5	150—170	210	500—1000	≤700(—10 °С)	≤12
ЦИАТИМ-202	≥170	265—325	200—300	150—220	≤20
АЦ-1, АЦ-3	≥100	250—290	900—1100	65	≤15
Дельта-I, Дельта-III	180—188	200	700—1500	75	≤28
СОТ	—	235	400	90	≤6
ВНИИНП-223	≥180	320—370	≥150	60—100	≤15
ВНИИНП-228	≥180	320—370	≥110	40—80	≤14
ВНИИНП-257	≥190	—	80—100	35	≤12
ВНИИНП-258	—	—	100	70	10
ВНИИНП-260	≥200	320—360	110—170	≤100(100 $с^{-1}$)	≤8
ВНИИНП-270	≥175	—	150	40	≤16
ВНИИНП-271	≥170	310	100—200	75	≤35
ВНИИНП-274	≥190	—	270—370	80—100	≤18
ВНИИНП-286	≥170	210	500—660	110	≤35
ВНИИНП-293	170	—	140—170	18	31
ВНИИНП-299	—	310	280	680	≤3
Орион	180—200	190	600—1200	2300(—20 °С)	≤6

Продолжение табл. 6.8

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25 °С, 10^{-4} мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 $с^{-1}$, Па·с	Коллоидная стабильность, %
Смазки полужидкие					
ЦИАТИМ-208	—	300—360 (—15 °С)	—	18000 (—30 °С)	—
Шахтол	—	—	—	—	—
Шахтол-К	—	—	—	—	—
СТП-Л	—	≥25 (0 °С)	—	—	—
СТП-3	—	80—100 (0 °С)	—	—	—
ОЗП-1	30—35	280—420	—	—	—
Трансол-100	≥150	400—430	—	1200 (—30 °С)	≤35
Трансол-200	≥150	400—430	—	1400 (—30 °С)	≤30
Трансол-300	≥140	360—390	—	1500 (—30 °С)	≤30
Пасты приработочные					
Лимол	≥240	310—340	250	250	≤3
ВНИИНП-225	—	420	300	120	10—15
ВНИИНП-232	—	235	1800	300	≤4
Смазки узкоспециализированные (отраслевые)					
Смазки для электрических машин					
ЛДС-1	≥185	230—270	500—700	≤200	≤18
ЛДС-3	≥185	220—260	500—700	280	≤18
ВНИИНП-242	170—205	225	500—1200	≤500	≤10
ЭШ-176	≥170	175	3000	1200	≤11
СВЭМ	≥180	270	560—660	110—130	≤10
Смазки автомобильные					
АМ карданная	≥115	220—270	500—700	300—600	10—15
Литол-459/5	≥195	180—190	1900	580	≤6
ЛСЦ-15	≥185	250—280	≥500	≤280	≤15
ШРБ-4	≥230	265—295	≥200	80—160	≤10
ШРУС-4	≥190	250—280	300—700	≤250	≤16
Фиол-2У	≥180	255—295	≥300	≤170	≤12
№ 158	≥132	305	150—500	≤400	≤23
ЛЗ-31	≥188	220—250	500—620	≤280	≤12
КСБ	≥170	245—275	300—800	400—800	≤8
ДТ-1	≥110	315—345	150	230	12
Дисперсол-1	≥85	270—310	—	—	≤15
МЗ-10	≥70	270	210	70—220	≤8
Смазки железнодорожные					
ЛЗ-ЦНИИ	≥130	200—260	700—1000	≤450	≤23
ЖРО	≥180	190—250	800—1000	370—430	≤12
Кулисная ЖК	≥1000	270—325	220—420	150—250	4—12
ЦНИИ-КЗ	125—130	310—340	360	≤400	—
ЖТ-72	170—200	340	830	220	≤10
ЖТ-79Л	170—192	240—290	750—920	230	≤15
ЖА	≥100	190—275	≥2000	~4000	1
ЖР	≥95	270—350	820	270	3
ЖД	≥100	35—70	—	—	—
Контактная	≥90	≥240	1500—2000	750—1500	≤3
Смазки морские					
АМС-1	≥90	300—350	60—200	≤1000	5—6
АМС-3	≥100	200—250	450—1200	≤2000	1—5
МС-70	≥80	220—260	400—800	120—230	≤10
МУС-3А	≥70	220—260	600	160—190	6—7
МЗ	≥100	230—240	580—680	200—300	≤8
Смазки авиационные					
Эра	≥180	310—370	200—400	115	25—35
ВНИИНП-254	≥165	310—340	300—400	50—180	20—25
ВНИИНП-261	≥250	265—295	240—420	70—140	2—5
ВНИИНП-281	≥200	310	330	90	≤15
Свинцоль-01	≥170	290—320	230	120	20—24
Свинцоль-02	≥150	430	225	110	≤15
СТ (НК-50)	≥200	170—225	700—1200	≤1000	≤7
№ 9	≥92	≤330	≥250	50—150	≤15

Продолжение табл. 6.8

Товарное наименование	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25 °С, 10^{-4} мм	Предел прочности при 20 °С, Па	Вязкость при 0 °С и 10 $с^{-1}$, Па·с	Коллоидная стабильность, %
Смазки индустриальные					
Униол-2	≥205	330—380	410	≤110	≤12
ИП-1	≥85	280—310	250—450	≤250	5—10
ЛКС-2	≥200	265—295	≥300	≤180	≤12
ЛКС-металлургическая	≥200	250—350	≥300	≤280	≤15
КБС	≥140	190—250	≥400	≤350	≤15
ЛС-1П	≥185	310—340	≥100	40—100	≤25
Старт	≥180	300—320	180—200	35—80	≤15
Сиол	—	310—340	≥200	≤150	≤18
ВНИИНП-273	—	210	300—600	275	≤6
Ротационная ИР	≥95	275—350	50—170	150—300	4—10
Смазки буровые					
Долотол Н	≥185	250—310	≥600	≤1000	≤10
Долотол АУ	≥235	320—370	≥120	≤1100	≤12
Долотол НУ	≥140	250—310	≥300	680	≤10
Геол-1	≥100	265—300	≥100	≤1500	≤10
Смазки электроконтактные					
Паста 164-39	—	310	200—450	125—140 (+20 °С)	≤4
ВНИИНП-248	—	—	80—250	—	≤8
ВНИИНП-502	—	275	350—470	85—100 (+20 °С)	≤7
Электра-1	—	355—385	≥70	30 (+20 °С)	45
*Консервационные (защитные) смазки**					
Смазки общего назначения					
Пушечная (ПВК)	≥60	—	1000—2500	1500—4000	1—4
ВНИИСТ-2	≥25	—	—	—	—
ВТВ-1	≥54	—	≥1000	100—150	4—5
ВТВ-1 в аэрозольной упаковке	—	—	—	—	—
ПП 95/5	≥57	—	≥2000	≈10 000 (10 °С)	0,9—1,1
АК	≥60	—	470	525	2,8
ЗЭС	≥105	—	150—500	1200—2000	3—4
ПН	≥60	25—55	—	—	≤1,7
БВН-1	—	—	0	20—40	—
Смазки канатные и пропиточные составы					
Канатная 39у	65—75	—	—	2000	—
БОЗ-1	60—75	—	—	≥4000	—
Торсиол-35Б	65—80	350—360	—	800—1400	≤3
Торсиол-35Э	≥65	—	—	—	—
Торсиол-55	60—80	350	—	200—260	—
Ваерол	70	—	—	—	—
Ваерол-Э	52—53	—	—	—	—
ВНИИНП-265	70	—	—	—	—
ВНИИНП-278	≥60	—	—	—	—
КФ-10	80—100	40—70 (иглой)	—	—	—
КФ-10Э	—	—	—	—	—
Е-1	40—55	340—360	—	800	—
Е-9	≥50	340—360	—	370—425	—
Е-86	45—55	340—360	—	—	—
Уплотнительно-резьбовые смазки					
Р-2	80—105	280—400	60—400	60—150	2—6
Р-113	≥125	270—330	450—500	230—350	≤8
Р-402	≥130	270—330	60—150	75—180	≤8
Р-416	≥130	130—180	800—1200	500—1000	≤8
ВНИИНП-263	—	300	160	50—150	≤18
ВНИИНП-291	≥200	100	—	—	0,7
ВНИИНП-292	>215	100	—	—	0,7
ВНИИНП-300	≥60	120	1600	≤5000	—
Вакуумная	≥50	235	≥1000	1000	—
Замазка вакуумная	240	≥70	—	—	—
Замазка ЗЗК-3у	≥115	40—80	≥2000	—	—
ЛЗ-162	≥149	150—200	930	430	≤6
Бензиноупорная	≥55	30—80	≥2500	—	1,2
Для газовых кранов	≥60	35—70	>1000	—	1,3—2,8
Насосная	≥140	300—350	150	1300	—
Арматол-238	≥160	300—360	>150	150	≤15

* В качестве консервационных смазок общего назначения применяют также вазелины, технический (ГОСТ 380156—79), медицинский (ГОСТ 3582—52), ветеринарный (ГОСТ 13037—67) и конденсаторный (ГОСТ 5774—76).

Глава 7

МАСЛОРАСТВОРИМЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ И КОНСЕРВАЦИОННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Трение, коррозия и общий износ наносят огромный ущерб народному хозяйству — до 10% совокупного национального продукта развитых стран. В настоящее время коррозия и коррозионно-механический износ рассматриваются как составная часть общего износа металлических изделий. Доля потерь от коррозии и коррозионно-механического износа составляет от 25 до 50% общих убытков от износа, причем наибольшие потери приходятся на двигатели внутреннего сгорания (20—25%) и на внутреннюю и наружную коррозию транспортных средств (20—25%). В результате коррозии и износа раньше времени выбраковывают большое число автомобилей, комбайнов и другой техники в сельском хозяйстве на сумму несколько миллиардов рублей в год. В связи с этим в СССР и за рубежом производство противокоррозионных и защитных присадок (ингибиторов коррозии), а также ингибированных нефтепродуктов растет.

Различают *коррозионные свойства* нефтепродуктов, связанные в основном с химическими процессами и зависящие от способности самих нефтепродуктов вызывать или предотвращать химическо-электрохимическую коррозию металла, и *защитные свойства*, т. е. способность продуктов предохранять металл от электрохимической коррозии в присутствии электролита. Соответственно различают противокоррозионные присадки, уменьшающие химическо-электрохимическую коррозию и, прежде всего, цветных металлов при высоких температурах, и маслорастворимые ингибиторы коррозии (МИК), улучшающие защитные свойства нефтепродуктов.

Все нефтепродукты по способности защищать металлические изделия от коррозии условно подразделяют на четыре группы:

1) рабочие масла, предназначенные для эксплуатации двигателей, машин и механизмов и не способные длительное время защищать их от коррозии;

2) консервационные масла (например, масла НГ-203Р, Кормин, К-17), предназначенные для наружной и внутренней консервации металлических изделий на время хранения или транспортирования в различных условиях и не пригодные для их эксплуатации;

3) консервационно-рабочие масла (масла с присадками АКОР-1, КП), предназначенные для той же цели, что и консервационные, и для одноразового использования при введении машины в эксплуатацию (до первой смены топлива или масла);

4) рабоче-консервационные нефтепродукты (масла МС-8рк, КРМ, М-4з/8Грк, ТМ-5-12рк), содержащие противокоррозионные присадки и маслорастворимые ингибиторы коррозии, предназначенные для хранения, транспортирования, периодической и постоянной эксплуатации техники.

В состав всех групп нефтепродуктов входят маслорастворимые ингибиторы коррозии. Применение ингибированных смазочных материалов для различных видов техники, условий ее хранения, эксплуатации и транспортирования регламентируется нормативно-технической документацией, а также специальными стандартами. Общие требования к консервации металлических изделий в промышленности изложены в ГОСТ 9.014—78 ЕСЗКС, в сельском хозяйстве — ГОСТ 7751—85, при межоперационной защите полуфабрикатов, деталей и сборочных единиц — ГОСТ 9.028—80 с изм. № 1 от 1984 г. ЕСЗКС.

МАСЛОРАСТВОРИМЫЕ ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ

Основными компонентами защитных нефтепродуктов являются маслорастворимые ингибиторы коррозии. Это — химические соединения или их смеси, которые при малых концентрациях способны предотвращать либо снижать скорость электрохимической коррозии металла в системе электролит — нефтепродукт — металл. Ингибиторы коррозии являются поверхностно-активными веществами; их подразделяют на водорастворимые, водомаслорастворимые и маслорастворимые соединения. Существует взаимосвязь между химическим строением ПАВ-ингибитором коррозии, поверхностной активностью на границе с воздухом, водой и металлом с их защитной эффективностью (рис. 75). Общие закономерности поверхностной активности и мицеллообразования маслорастворимых ингибиторов анионо- и катионоактивного типов в углеводородных средах являются, в известной мере, «зеркальным» отображением соответствующих закономерностей для водорастворимых ПАВ в полярных средах. С увеличением молекулярной массы маслорастворимых ПАВ, уменьшением их гидрофильно-лиофильного (олеофильно-гидрофильного) баланса, уменьшается полярность, возрастает энергия связи со средой, убывает поверхностная активность и критическая концентрация мицеллообразования, при этом защитные свойства ухудшаются (см. рис. 75).

На основании изучения объемных и поверхностных свойств маслорастворимых ингибиторов коррозии предложено разделить их на ингибиторы хемосорбционного и адсорбционного (экранирующего) действия. В свою очередь ингибиторы коррозии хемосорбционного действия подразделяют на ингибиторы анодного действия (доноры электронов) и ингибиторы катодного действия (акцепторы электронов). Ингибиторы-доноры электронов

(сульфированные и нитрованные масла и др.) содержат группы с сильным отрицательным суммарным электронным эффектом (NO_2, CO, SO_3H). Ингибиторы-акцепторы электронов (амины, имидазолины, алкенилсукцинимиды и др.) содержат группы с положительным суммарным электронным эффектом (NH_2, NH, OH).

К ингибиторам адсорбционного действия относятся, например, окисленный петролатум, жирные кислоты, сложные эфиры. Многие ПАВ адсорбционного типа являются одновременно быстродействующими и водовытесняющими компонентами, что обеспечивает быстрое и качественное удаление воды с поверхности металла за счет образования водородных связей, солюбилизации или эмульгирования.

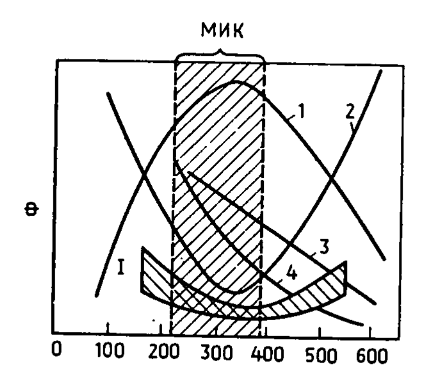
Теоретические основы получения комбинированных защитных присадок заключаются в сочетании в комплексной присадке (пакете) следующих функциональных маслорастворимых ПАВ:

ингибиторов коррозии хемосорбционного типа;

ингибиторов коррозии адсорбционного типа, водовытесняющих и быстродействующих ПАВ, ингибирующих водную фазу — электролит;

противоокислительных и противокоррозионных присадок.

Составляют смеси присадок разного типа, обладающие синергическим эффектом, с использованием диаграмм аддитивных свойств двойных, тройных и более сложных систем. Типичная диаграмма функциональных свойств двойных систем представ-



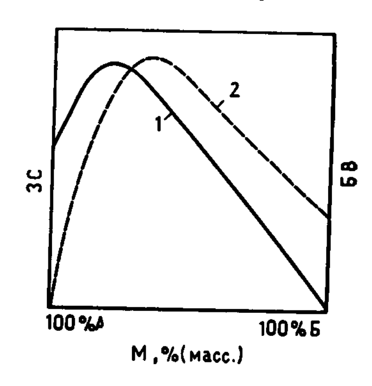


Рис. 75. Зависимость уровня функциональных свойств Ф ионогенных маслорастворимых ПАВ от молекулярной массы *М*:

1 — поверхностное натяжение на границе с водой; *2* — энергия связи со средой; *3* — диэлектрическая проницаемость; *4* — защитные свойства; *I* — область критической концентрации мицеллообразования

Рис. 76. Зависимость уровня защитных свойств ЗС (*1*), быстродействия и водовытеснения БВ (*2*) от содержания *М* компонентов в синергических смесях:

А — ингибиторы хемосорбционного типа; *Б* — быстродействующие и водовытесняющие компоненты

Рис. 77. Сравнительная характеристика защитной эффективности комбинированных маслорастворимых ингибиторов коррозии:

$Э_К$ — относительная эффективность снижения электрохимической коррозии композициями защитных присадок (заштрихованная часть); КМИ — относительная эффективность снижения коррозионно-механического износа композициями защитных присадок; *А*, *Б*, *В* — присадки первого, второго и третьего поколений

лена на рис. 76. По такому принципу были получены защитные присадки к маслам второго поколения (НГ-110Т, НГ-110М). Комбинированные ингибиторы коррозии первого поколения (АКОР-1, КП) обладают недостаточной защитной эффективностью и их добавляют в масла в количестве 10—20% (масс.). Композиции присадок — ингибиторов коррозии (пакеты) второго поколения более эффективны и обеспечивают защиту двигателей при трении (в зависимости от условий от трех до 15 лет) при концентрации в масле 3—5% (масс.). Эти присадки снижают отдельные виды коррозионного и коррозионно-механического износа (рис. 77). Однако они недостаточно эффективны в условиях усталостного износа, коррозионного растрескивания, фреттинг-коррозии, слабо снижают водородный износ.

Композиции и составы присадок и ингибиторов коррозии третьего поколения содержат, помимо ранее известных функциональных ПАВ, антифрикционные присадки или защитно-антифрикционные присадки, в состав которых входят легирующие металлы. Эти композиции обладают такой же защитной эффективностью от электрохимической коррозии в стационарных условиях при концентрации в масле 3—5% (масс.), как и комбинированные ингибиторы коррозии второго поколения, но уменьшают все виды коррозионного и коррозионно-механического износа (см. рис. 77). Такие присадки эффективны и в статических и в динамических условиях усталостного и коррозионно-механического износа. Во всех случаях они воздействуют на химическо-электрохимическую составляющую общего износа машин и механизмов, обеспечивают маслам повышенные противоизносные, противозадирные и антифрикционные свойства. Теоретические принципы разработки композиций третьего поколения используют и при создании современных защитных водовытесняющих и пленкообразующих нефтяных составов для снижения общего износа машин и механизмов.

В промышленном масштабе вырабатывают ингибиторы коррозии первого поколения, физико-химические характеристики

*Таблица 7.1. Характеристики ингибиторов коррозии**

Показатель	АКОР-1	КП	КП-2	В 15/41	АЯА	СИМ	ВСП	ВНИИНП-380
Внешний вид	Маслянистая жидкость, прозрачная в тонком слое	[Вязкая жидкость]		Прозрачная подвижная при 60 °C масса	Вязкая жидкость			Маслянистая жидкость
Цвет	От темно-коричневого до черного	[Темно-коричневый]		Коричневый		От светло- до темно-коричневого	Темно-коричневый	От темно-желтого до темно-коричневого
Вязкость кинематическая при 100 °C, $мм^2/с$	⩽65,0	16,0—25,0	40—80	—	⩽500	⩽450	400—1500	8—18
Зольность, %:								
сульфатная	—	8,5—10,5	⩾9	—	—	⩽0,10	—	⩾6,5
несульфатная	3,6—5,0	—	—	—	—	—	—	—
Содержание, %:								
воды	Отсутствие	Следы		—	⩽0,10	Следы		
механических примесей, не более	0,08	0,10	0,15	0,015	0,10	0,10	0,10	0,15
Щелочное число, кг КОН/г, не менее	38,0	65,0	65	—	—	—	—	22
Кислотное число, мг КОН/г	—	⩽1,0	⩽5,0	165—205	⩾60	⩽6,5	—	—
pH, не менее	—	2,8	2,0	—	—	—	—	—
Температура, °C:								
застывания, не выше	—	−16	−10	—	—	—	—	—
вспышки, не ниже	200	165	—	—	180	180	160	—
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	3000	—	—	450	450	—	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	—	—	3,0**	3,5**	—	—
Защитные свойства	Выдерживает			—	Выдерживает			

* Данные в квадратных скобках в технической документации не нормируются.
** Испытывали 3,5% присадки в масле МС-8.

которых приведены в табл. 7.1, а в табл. 7.2 (стр. 328) представлены защитные свойства этих продуктов (ГОСТ 9.054—75).

АКОР-1 (ГОСТ 15171—78) изготавливается на основе нитрованных базовых масел марок М-8 или М-11 с добавлением при защелачивании 10±1% технического стеарина. Вводят в смазочные масла для улучшения защитных свойств. Применяют и как самостоятельный продукт для консервации изделий.

КП (ГОСТ 23639—79) — многокомпонентная присадка, обладающая антикоррозионными, моющими, антиокислительными и защитными свойствами. Применяют для получения консервационных масел.

КП-2 (ТУ 38 1019—80) — состоит из присадок, обеспечивающих защитные, моющие, антиокислительные и противоизносные свойства масел. Используют для получения консервационных индустриальных масел.

В 15/41 (ТУ 6-14-866—77) — кислый эфир алкенилянтарной кислоты.

Присадку добавляют к маслам, работающим во влажной среде, для предотвращения коррозии.

АЯА (ТУ 38 1011038—85) — алкенилянтарный ангидрид предназначен для получения ингибиторов коррозии СИМ и АЛОП, а также для приготовления рабоче-консервационных масел различного назначения.

СИМ (ТУ 38 1011039—85) — сукцинимид мочевины предназначен для приготовления рабоче-консервационных масел и комбинированных ингибиторов коррозии для масел различного назначения.

ВСП (ТУ 38 101811—83) представляет собой 40—50%-й концентрат продукта взаимодействия алкенилсукцинимида диэтилентриамина с гетероциклическим соединением в масле И-12А или И-20А. Используют в гидравлических маслах в концентрации нескольких десятых долей процента.

ВНИИНП-380 (ТУ 38 101607—76) — ингибитор коррозии, является компонентом рабоче-консервационной присадки КП.

КОНСЕРВАЦИОННЫЕ И РАБОЧЕ-КОНСЕРВАЦИОННЫЕ МАСЛА

Консервационные, а позднее консервационно-рабочие и рабоче-консервационные масла полностью вытеснили пластичные смазки из сферы внутренней консервации двигателей машин и механизмов. Преимущества применения этих смазочных материалов для внутренней защиты металлических изделий взамен плотных смазок и рабочих масел следующие: снижение коррозионно-механического износа машин и механизмов, продление срока их службы и повышения надежности (безотказности в работе), снижение затрат и относительной стоимости консервации и расконсервации техники (в 3—5 раз по сравнению с рабочими маслами и в 6—10 раз по сравнению с плотными смазками).

Выделяют две основные области применения консервационных, консервационно-рабочих и рабоче-консервационных масел: 1) непосредственно на металлообрабатывающих, машиностроительных и других заводах-изготовителях в процессе изготовления техники для межоперационной защиты деталей и узлов

Таблица 7.2. Защитные свойства ингибиторов коррозии и консервационных масел

Продукт	Условия испытания (ГОСТ 9.054—75)					
	повышенные температура и влажность, сут			постоянное погружение в электролит, сут		воздействие HBr 4 ч, % коррозионного поражения поверхности
	Ст. 10	Ст. 45	СЧ-20	Ст. 10	СЧ-20	Ст. 10
Ингибиторы коррозии*:						
АКОР-1	>3	—	—	1	—	65
КП	3	—	—	>1	—	0,5
В 15/41	2	—	—	1	—	—
АЯА	—	—	—	1	—	0
СИМ	3	—	—	1	—	5—10
Консервационные масла:						
К-17	—	50	40	>60**	35	0
НГ-203А	75	—	11	90	17	Не определяют
НГ-203Б	26	—	11	20	17	
ВО	—	4	—	—	—	40
РЖ	—	4	—	6	—	15
Кормин	75	—	75	105	91	Не определяют
Рабоче-консервационные масла:						
КРМ	20	—	—	10	—	0
МС-8рк	3	—	—	1	—	10

* Все присадки, кроме В 15/41, испытывали в количестве 5% (масс.) в масле М-6; В 15/41 — 1% (масс.) в масле Т-46 (из бакинских нефтей).

** Ст. 45.

и консервации изделия в сборе на период его транспортирования и хранения; 2) при хранении, периодической и постоянной эксплуатации техники.

Консервационные масла

Консервационные (К-17, НГ-203А, Б, Кормин), а также консервационно-рабочие масла с присадками АКОР-1 и КП широко применяют на заводах различных отраслей промышленности — автомобильной, тракторной, инструментальной, станкостроительной, судостроительной, авиационной, подшипниковой, сельскохозяйственного машиностроения для межоперационной защиты и консервации готовых изделий. В первом случае защитные масла наносят на изделия методом окунания или пульверизации. Готовые изделия (двигатели, компрессоры, редукторы и т. п.) консервируют, наливая защитное масло в картер с последующей кратковременной работой двигателя или механизма на холостом ходу (в течение 15—20 мин). Аналогично консервируют двигатели, установленные на автотракторной и другой технике у потребителей. После кратковременной работы двигателя на холостом ходу защитное масло должно присутствовать на всей поверхности зеркала цилиндров и других деталях, не подвергающихся смазыванию в процессе работы. После этого консервационные и консервационно-рабочие масла, как правило, сливают. Консервационно-рабочие масла могут быть оставлены в картере на период хранения, и на них разрешена эксплуатация автотракторной техники. Эксплуатировать, даже кратковременно, технику на консервационных маслах запрещается.

Для получения консервационно-рабочих масел присадки АКОР-1 и КП при 80—90 °С на местах потребления смешивают с соответствующими маслами до образования однородной смеси. Обычно в моторные масла для двигателей внутреннего сгорания, в компрессорные и трансмиссионные масла вводят 10% присадки АКОР-1 или 20% присадки КП; в индустриальные и некоторые гидравлические масла присадку АКОР-1 вводят в концентрации 3—5%. В табл. 7.3 приведена характеристика консервационных масел, вырабатываемых промышленностью в настоящее время. Ниже дано краткое описание этих масел и некоторые рекомендации по их использованию.

К-17 (ГОСТ 10877—76) изготавливают из смеси авиационного МС-20 и трансформаторного Т-1500 масел с добавлением петролатума окисленного, каучука СКБ-45, сульфонатной присадки ПМСя, присадки ЦИАТИМ-339, дифениламина. Применяют для долговременной (пять и более лет) консервации изделий, в том числе запасных частей из черных и цветных металлов, хранящихся без непосредственного воздействия климатических факторов. Двигатели внутреннего сгорания консервиру-

Таблица 7.3. Характеристики консервационных и рабоче-консервационных масел

Показатель	К-17	НГ-203А	НГ-203Б	ВО	РЖ	Кормин	КРМ	МС-8рк
Внешний вид	Вязкая маслянистая жидкость	Маслянистая жидкость		Густая, вязкая, маслянистая жидкость	Маловязкая, маслянистая жидкость	Однородная маслянистая прозрачная в тонком слое жидкость	Маловязкая, маслянистая жидкость	Прозрачная жидкость
Цвет	Темно-коричневый			От светло- до темно-коричневого	Темно-коричневый	От коричневого до черного	Светло-коричневый	От желтого до светло-коричневого
Вязкость кинематическая, мм²/с:								
при 100 °С	15,5	25—50	10—15	≥9,0	—	12—25	—	—
при 50 °С	≥21,0	—	—	≥64,0	≥6,0	—	≥8,0	≥8,0
Температура, °С:								
вспышки в открытом тигле, не ниже	—	180	170	—	—	160	100	—
застывания, не выше	—22	—	—	—	—60	—	—55	—55
Содержание, %:								
золы	1,35—2,40	≥3,0	≥2,0	—	—	—	0,05**	0,015
воды	Отсутствие			Отсутствие				
механических примесей, не более	0,07	0,04	0,02	0,05	0,05	0,1		Отсутствие
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	—	4,0	2,0	—	—	5	—	Отсутствие
Плотность при 20 °С, кг/м³	—	≤910—930	≤900—920	—	—	—	≤870	≤900
Кислотное число, мг КОН/г	—	—	—	≤0,35	0,3—0,7		—	≤0,7

* В мг NaOH/г.

** Сульфатная зольность.

Примечания. Нормируются также: для К-17 — содержание свободных органических кислот ≤0,5 мг КОН/г, свободных щелочей в пересчете на NaOH ≤0,05%; для Кормин — щелочное число, ≥5 мг КОН/г, температура стекания не ниже 40 °С.

ют без разборки: сливают штатное масло, прокачивают маслом К-17, излишки масла удаляют. Для ввода двигателя в эксплуатацию достаточно залить его штатным маслом. При консервации должна быть обеспечена циркуляция масла у консервируемой поверхности. Это достигается прокачкой масла через внутренние полости, многократным окунанием детали в ванну с маслом или растиранием масла кистью по поверхности детали. При консервации двигателей внутреннего сгорания, имеющих масляные фильтры (особенно центробежные), их нужно отключить и обеспечить прокачку масла через масляную систему, минуя эти фильтры. Масло К-17 можно использовать как присадку к высокосернистым газотурбинным топливам (0,002% на топливо). При этом значительно снижается коррозия топливной аппаратуры двигателей и повышается межремонтный период их работы.

Кормин (ТУ 38 1011159—88) применяют для защиты от атмосферной коррозии наружных поверхностей сельскохозяйственных машин и запасных частей к ним, а также изделий станкоинструментальной и машиностроительной промышленности из черных, цветных металлов и их сплавов в условиях эксплуатации и хранения. На защищаемую поверхность состав наносят кистью или окунанием при температуре 80—100 °С. Изделие с защитной пленкой состава Кормин может храниться при непосредственном воздействии атмосферных осадков в течение года. Выпускают вместо консервационных масел НГ-204у (ГОСТ 18974—73) и НГ-208 (ТУ 38 101187—71), производство которых прекращено.

НГ-203 (ГОСТ 12328—77) выпускают двух марок: НГ-203А — масляный раствор сульфоната кальция и окисленного петролатума и НГ-203Б — смесь НГ-203А и трансформаторного масла. Применяют для консервации изделий из черных и цветных металлов. При консервации сборных узлов, детали которых изготовлены из черных и цветных металлов, защитная способность продуктов НГ-203 несколько снижается.

Разработано универсальное консервационное масло **НГ-203Р** (перспективная марка), которое обладает лучшей защитной эффективностью по сравнению с маслами НГ-203А и Б, К-17; эффективно также в качестве защитной присадки к дизельным топливам для судовых двигателей (0,01% на топливо).

ВО (ГОСТ 3045—51) — смазка ружейная состоит из масла цилиндрового 11, церезина и гидроксида натрия. Используют для кратковременной защиты металлических поверхностей от коррозии и как рабочую смазку для ненагруженных узлов, кратковременно работающих при температуре выше 5 °С. Применение при более низких температурах затруднено из-за высокой вязкости смазок.

РЖ (ГОСТ 9811—61) — смазка ружейная жидкая состоит из масла индустриального 20А или 20В, топлива Т-1, винипола ВБ и присадки. Используют для тех же целей, что и смазку ВО, а в условиях эксплуатации — как рабочую смазку при температурах до —50 °С и для очистки поверхностей от нагара.

Рабоче-консервационные масла

Современные моторные и трансмиссионные масла по уровню функциональных свойств удовлетворяют требованиям нормальной эксплуатации соответствующих машин и механизмов, способны уменьшать отдельные виды износа. Например, моторные масла группы $Г_1$ и $Г_2$, содержащие моющие присадки до 5—8%, без введения в них ингибиторов коррозии обладают определенным уровнем защитных свойств и способны защищать двигатели внутреннего сгорания при периодической эксплуатации и хранении до 1,5 лет. При более длительных сроках хранения в масла необходимо вводить специальные ингибиторы коррозии, т. е. создавать рабоче-консервационные масла, обеспечивающие защиту от коррозии и коррозионно-механического износа до 10—15 лет.

В табл. 7.4 приведены свойства моторных масел (вязкостью 6—8 мм²/с при 100 °С) для автотракторной техники. Как видно, рабоче-консервационные масла по сравнению с рабочими и чисто консервационными маслами характеризуются меньшей адгезионно-когезионной силой, лучшей проникающей способностью в микрозазоры между металлическими поверхностями, бо́льшим диаметром растекаемости капли масла по сухому металлу. Вместе с тем все масла с присадками хуже пропитывают порошок триоксида железа, чем базовые масла без присадок. Пленки рабоче-консервационных масел по сравнению с рабочими маслами должны обладать значительно большими адсорбционно-хемосорбционными свойствами. Этим определяются не только их высокая защитная эффективность в тонкой пленке, но и другие поверхностные свойства: противокоррозионные, смазывающие, противоизносные и противозадирные, что достигается

Таблица 7.4. Свойства моторных масел для автотракторной техники

Показатель	Базовое без присадок М	Рабочее с композицией присадок М-$Р_2$	Рабоче-консервационное М-$РК_2$	Консервационное М-К
I. Поверхностные свойства на границе раздела «масло — металл»				
Адгезионно-когезионные силы, 10^{-2} МПа	28,8	24,2	22,5	32,8
Высота поднятия по микрозазору «сталь — сталь», мм	50	35	45	32
Диаметр растекания капли (Ст. 10, 30 мин), мм	30	35	45	20
Пропитка порошка Fe_2O_3, высота пропитанного столбика за 15 мин, мм	25	5	5	2
II. Поверхностные свойства на границе раздела «металл — электролит — масло»				
Водовытесняющая способность (шлифованный стальной диск, дистиллированная вода), мм:				
d_1	70	70	95	100
d_2	30	65	95	100
d_3	0	30	95	100
Вытеснение раствора NaCl (Ст. 10):				
диаметр освобожденной от воды поверхности, мм	35	35	40	40
поражение поверхности коррозией под пленкой продукта, %	20	15	0,1	0,1
Вытеснение HBr, % пораженной поверхности	40	6	0	0
III. Адсорбционно-хемосорбционные свойства пленки				
ОПС — ООС:				
общее сопротивление пленки продукта, Ом	1190	1470	2580	5000
ОПС, %	35,5	63,0	76	88
ООС, %	64,6	48,5	88	97
Δ КРП, мВ	+30	+120	+140	+160
Эффект последействия:				
время до начала коррозии (48 ч при 80 °С, Ст. 10, удаление пленки растворителями, термовлагокамера), мин	5	10	60	60
Δ КРП, мВ	+28	+290	+100	+100
Гарантийные сроки защиты, годы, в условиях:				
жесткие	<0,1	0,4	3—5	5
особо тяжелые	—	<0,1	0,5—1	3

сочетанием соответствующих ПАВ (присадок и ингибиторов коррозии). Поэтому способность рабоче-консервационных масел снижать коррозионно-механический износ значительно выше, чем рабочих масел даже высшего качества.

К таким маслам относится единое для карбюраторных и дизельных двигателей всесезонное масло **М-4з/8Грк** (перспективная марка) на полусинтетической основе. Масло содержит загущающие, детергентно-диспергирующие, противокоррозионные, противоокислительные, противоизносные, противопиттинговые и другие присадки, а также комбинированный маслорастворимый ингибитор коррозии. Масло имеет следующую вязкостно-температурную характеристику: $\nu_{100} \approx 8$ мм²/с, $\nu_{-30} \leqslant 8000$ мПа/с, $t_{заст} \leqslant -40$ °С, что обеспечивает устойчивый запуск и работу карбюраторов и дизелей на автомобилях ЗИЛ, КамАЗ, КрАЗ при температурах от плюс 38 до минус 43 °С в различных, в том числе северных районах страны. При этом экономия топлива достигает 4—5%.

Наличие в масле правильно подобранной композиции маслорастворимых ПАВ поверхностного действия обеспечивает защиту двигателей от износа при трении, усталостного и электрохимического питтинга, фреттинг-коррозии, растрескивания и других видов износа. Обладая удовлетворительными противокоррозионными свойствами по отношению к цветным металлам (меди, свинцу, бронзе и др.), масло характеризуется очень хорошими защитными свойствами применительно ко всем видам электрохимических повреждений и превосходит в этом отношении масла с 10—20% присадок АКОР-1 или КП.

Масло М-8Ги (ТУ 38 101148—75) обладает весьма высокими показателями и предназначено для обкатки и первой заправки автомобилей семейства «Жигули». Применение масла возможно при постоянной и периодической эксплуатации, а также при хранении автомобилей.

ТМ-5-12рк (ТУ 38 101844—80) — единое всесезонное трансмиссионное масло автомобилей различных типов. Обладает высокими функциональными и защитными свойствами, может заменить 16—18 сортов трансмиссионных масел.

КРМ (ОСТ 38 01391—85, см. табл. 7.2 и 7.3) предназначено для эксплуатации и консервации стрелкового оружия при температурах окружающего воздуха —50... +50 °С. Является всесезонным, более эффективным защитным рабоче-консервационным маслом, чем смазки РЖ и ВО, и применяется взамен этих смазок.

МС-8рк (ОСТ 38 01387—85) — масло авиационное рабоче-консервационное (см. табл. 7.2 и 7.3) предназначено для эксплуатации и консервации авиационных газотурбинных двигателей. Обладает высоким уровнем эксплуатационных и консервационных свойств. Обеспечивает сохраняемость техники при длительном хранении без проведения работ по переконсервации и надежную эксплуатацию авиационных газотурбинных двигателей в условиях увеличенного в два раза срока замены масла по сравнению со штатными маслами.

ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ ИНГИБИРОВАННЫЕ НЕФТЯНЫЕ СОСТАВЫ

Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНС) образуют на металле так называемые смываемые защитные покрытия, т. е. покрытия, удаляемые нефтяными растворителями. По способу нанесения различают четыре вида ПИНС: С — нанесение из горючих органических растворителей, Т — нанесение из негорючих хлор- или фторорганических растворителей, *d* — нанесение в виде коллоидных водных растворов или эмульсий, *h* — использование в виде аэрозолей.

По областям применения ПИНС подразделяют на следующие группы.

Группа Д-1. Продукты этой группы предназначены для длительной наружной консервации металлических изделий, хранящихся на открытых площадках, для защиты стационарных крупногабаритных металлических конструкций, автотракторной, сельскохозяйственной и общей техники, трубопроводов, оборудования заводов и пр. Продукты с индексом «шасси» предназначены для дополнительной защиты подкузовной части легковых автомобилей на заводах-изготовителях, на станциях технического обслуживания автомобилей, находящихся в индивидуальном пользовании, а также для защиты наружных поверхностей грузовых автомобилей, днищ автобусов, сельскохозяйственной техники, строительных и дорожных машин и т. д.

К продуктам группы Д-1 относятся НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С), Антикоррозин, МОПЛ-3 (Д-1-С-шасси). Они образуют на металле твердые или полутвердые пленки значительной толщины (до 500 мкм), обладающие высокими защитными свойствами и хорошей абразиво- и атмосферостойкостью.

Группа Д-2. Эти продукты имеют более широкую область применения, чем составы группы Д-1. Их широко используют при хранении, транспортировании, периодической и постоянной эксплуатации практически всех видов металлических изделий. Продукты этой группы — НГ-216Б, НГ-222Б, Ингибит-С, Кабинор; они образуют на металле более тонкие пленки (20—100 мкм), чем продукты группы Д-1.

ПИНС групп Д-1 и Д-2 часто содержат одинаковую композицию активного вещества и различаются только содержанием, а иногда и типом растворителя, например продукты НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С) и НГ-216Б, НГ-222Б (Д-2-С). Продукты марки А отличаются меньшим содержанием уайт-спирита.

Группа МЛ-1. Продукты этой группы предназначены для защиты скрытых и труднодоступных внутренних поверхностей металлических изделий, прежде всего скрытых поверхностей автомобильной техники: лонжеронов, порогов, стоек, внутренних поверхностей дверей, фар и т.д. Кроме того, составы группы МЛ-1 применяют для защиты от коррозии труднодоступных поверхностей железнодорожных вагонов, сельскохозяйственной техники, скрытых профилей самолетов, где может скапливаться агрессивный электролит, для борьбы со щелевой коррозией, для защиты резьбовых соединений и сварных швов.

К продуктам группы МЛ-1 относятся Мовиль, НГ-222Б и МОПЛ-2; на металле они образуют мягкую пленку толщиной 20—50 мкм.

Группа МЛ-2. Назначение продуктов этой группы аналогично продуктам групп МЛ-1. Но составы группы МЛ-2 имеют повышенную тиксотропность и более высокую температуру каплепадения. Продукты группы МЛ-2 — НГМ-МЛ, Оремин, Мольвин-МЛ — используют на автомобилестроительных заводах (АвтоВАЗ, АЗЛК, ГАЗ и др.) для защиты скрытых поверхностей кузова автомобиля на конвейере.

Группа «З». Эти продукты предназначены для защиты запасных частей, полуфабрикатов при межоперационном хранении металлического листа, проката, инструмента. Они образуют на металле мягкие консистентные или полужидкие масляные пленки толщиной 10—40 мкм. В качестве растворителя в составе НГ-216В, применяемого для консервации запасных частей, используют трихлорэтилен («З»-Т). В последние годы большое распространение получили составы этой группы, наносимые из водных сред («З»-*d*); к ним относятся составы НГ-224 и Аквамин.

В табл. 7.5 приведены рекомендации по защите пленкообразующими ингибированными нефтяными составами различных групп и подгрупп металлических изделий по ГОСТ 9.014—78, а на рис. 78 дана схема применения ПИНС для консервации скрытых поверхностей коробчатого сечения кузова (внутренние панели дверей, лонжероны, стойки, балки и усилители) и днища (собственно днище, внутренние поверхности брызговиков, крыльев) автомобиля. Как видно из представленных данных, те или иные виды ПИНС в настоящее время можно использовать практически для любых металлических изделий.

Механизм действия ПИНС

Широкое применение ПИНС в народном хозяйстве обусловлено рядом их специфических свойств. По сравнению с плотными смазками, наносимыми на защищаемую поверхность слоем 3—5 мм, ПИНС способны защищать металл на длительные сроки

Таблица 7.5. Защита металлических изделий пленкообразующими ингибированными нефтяными составами

Подгруппа изделий по ГОСТ 9.014—78	Характеристика изделий	Наименование изделий	Рекомендуемые ПИНС
	I. Изделия простой формы из черных и цветных металлов		
I—1	Мелкие изделия массового производства	Винты, гвозди, заклепки, шплинты, гайки, пружины	НГ-216В, НГ-224, Аквамин
I—2	Изделия с точно обработанной поверхностью	Валы, оси, клапаны, шестерни, поршни	НГ-216Б и В, НГ-222Б, Кабинор
I—3	Изделия с легкодоступными внутренними поверхностями (полости, углубления)	Баки, резервуары, крылья автомобилей, шасси, рамы	НГ-216А и Б, Антикоррозин МОПЛ-3, НГ-222А, Ингибит-С, Кабинор
	II. Изделия сложной формы		
II—1	Изделия сложной формы с подвижными частями	Двигатели внутреннего сгорания, станки, компрессоры, турбины	НГ-216Б и В, НГ-222А и Б, Мовиль, Мольвин, МОПЛ-2, Оремин
II—2	Изделия, у которых поверхности, подлежащие консервации, работают в контакте с маслом или другими технологическими жидкостями	Карданные валы, редукторы, масляные фильтры, карбюраторы, насосы	НГ-216В, Мовиль, Мольвин, Оремин
II—4	Изделия с труднодоступными внутренними поверхностями и (или) большими полостями	Холодильные системы, паровые и водяные котлы, теплообменники и т. п.	НГ-216А и Б, НГ-222А и Б, МОПЛ-2, Мольвин, Оремин
	IV. Изделия простой формы из черных и цветных металлов		
IV—1	Изделия с большой плоской поверхностью (прокат)	Листы, ленты (в том числе листовое железо автомобилестроения)	НГ-222А и Б, Мовиль, МОПЛ-5, МОПЛ-2
IV—2	Изделия холоднокатаные, горячекатаные, штампованные, кованые	Прутки, листы, болванки, угольники, профильный прокат	То же
IV—4	Трубы всех видов		
	V. Изделия из черных металлов, крупногабаритные, сложной формы		
V		Металлоконструкции различных видов	НГ-216А, НГ-222А, Антикоррозин, Ингибит-С, Кабинор, МОПЛ-3

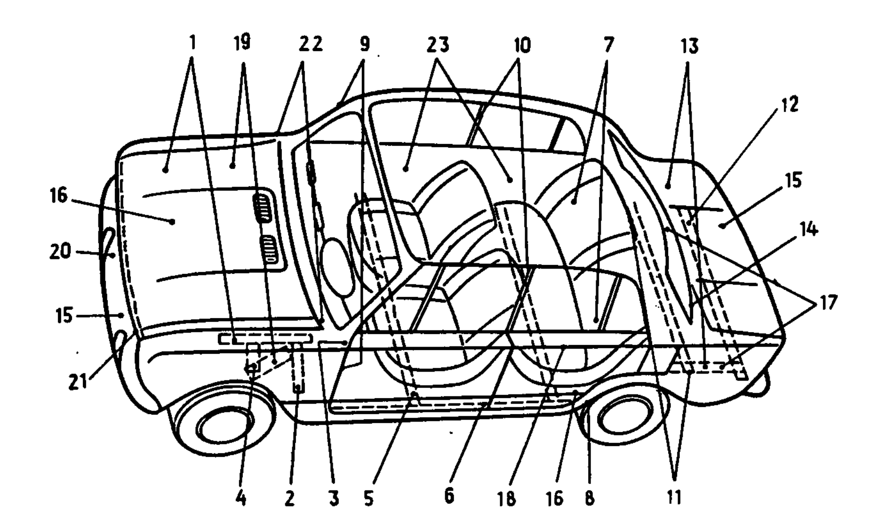


Рис. 78. Схема нанесения защитных составов Мовиль, Мольвин-МЛ, НГМ-МЛ, Оремин при консервации автомобиля семейства «Жигули»:

1 — передние лонжероны; *2, 19, 20* — передние поперечные балки; *3* — передние коробчатые стойки; *4, 18* — поперечные балки; *5* — усилительная балка; *6* — коробчатое сечение порожка; *7* — задние лонжероны; *8* — боковые лонжероны; *9* — передние стойки дверей; *10* — средние стойки; *11* — усилитель подколесного кожуха; *12* — лонжероны в багажнике; *13* — задняя и передняя поперечные балки; *14* — средние усилители; *15* — усилитель крышки багажника; *16* — усилитель капота; *17* — опоры рессор; *21* — гнезда для фар; *22* — место соединения крыла с вентиляционным кожухом; *23* — внутренние панели дверей

при толщине пленки покрытия 20—200 мкм. Как и консервационные масла, ПИНС легко наносятся на металлические изделия кистью, окунанием, пульверизацией, при этом не требуется специального подогрева. Они стойки к воздействию агрессивных сред, повышенной влажности и температуры. Многие ПИНС образуют защитную пленку, стойкую к воздействию абразивных частиц (песка, гравия) и атмосферных осадков (дождя, снега). Температурный интервал применения ПИНС от минус 40 до плюс 70 °С (отдельные марки до 140 °С). ПИНС должны обладать хорошей проникающей способностью, чтобы легко заполнять различные щели и зазоры, стыки деталей, сварные швы, легко и быстро вытеснять с поверхности металла воду и растворы солей и кислот в воде. В то же время они должны хорошо пропитывать ржавчину, чтобы остановить коррозию на тех участках металла, где она уже началась. Пленки составов не должны расплавляться и стекать при положительных температурах летом и не растрескиваться в зимнее время, не разрушаться при вибрациях, не повреждать краску, пластмассовые и резиновые детали машин и механизмов.

Указанные свойства обеспечиваются специальными композициями маслорастворимых ингибиторов коррозии, загустителей

(пленкообразователей), наполнителей и растворителей в составе ПИНС. Отечественный ассортимент ингибиторов коррозии для ПИНС разработан на основе сульфированных или нитрованных масел с добавлением быстродействующих и водовытесняющих компонентов типа алкилоламидов жирных кислот, полигликолевых эфиров алкилфенолов и др. В качестве основных загустителей используют битумно-каучуковые, битумно-полимерно-восковые, полимерные, полимерно-восковые и мыльно-восковые композиции с включением наполнителей (бентонит, силикагель, технический углерод, асбест, микрокальцит, пигменты в виде порошков или оксидов металлов). Большое распространение получили ингибированные битумные составы НГ-216Б, МОПЛ-3, Антикоррозин, Ингибит-С. Не менее распространены ПИНС на мыльно-восковой основе — НГМ-МЛ и Оремин. Широко применяют также мыльно-полимерные загустители НГ-222 и МОПЛ-2.

Механизм действия ПИНС определяется:

1) физико-химическими свойствами в растворителе, определяемыми компонентами ПИНС и взаимодействиями между этими компонентами;

2) процессами и явлениями, происходящими при нанесении составов на металлические поверхности (рис. 79, *а*): вытеснением пленки адсорбированной воды (электролита) с поверхности металла (при этом важна как быстрота вытеснения воды, т. е. быстродействие, так и полнота ее удаления); смачиванием металла, растекаемостью по металлу, прониканием в микрозазоры, микротрещины, пропитыванием продуктов коррозии, прониканием сквозь микропоры лакокрасочных материалов, не разрушая их, и пр.; испарением растворителя и формированием пленки под воздействием сил адгезии и когезии (рис. 79, *б*); процессами хемосорбции и адсорбции ПАВ на поверхности металла; окончательным формированием пленки покрытия;

3) защитным действием сформировавшейся пленки на металле, зависящим от особенностей ее строения, физико-химических, коллоидных и реологических свойств активного вещества (сухого остатка) (рис. 79, *в*).

Ассортимент ПИНС

Краткие характеристики ПИНС, вырабатываемых отечественной промышленностью, приведены ниже, а в табл. 7.6 и 7.7 указаны физико-химические, технологические и защитные свойства этих продуктов.

НГ-216 (ТУ 38 101427—76) — защитное пленочное покрытие, выпускают трех марок: А, Б и В. *Марка А* — для защиты от коррозии наружных поверхностей деталей из черных и цветных металлов, которые хранят на открытых площадках и на складах в особо жестких, жестких и средних условиях. *Марка Б* —

для защиты от коррозии наружных поверхностей из черных и цветных металлов (в том числе подкузовной части и группы мотора автомобилей), а также для хранения запасных частей в жестких и средних условиях. *Марка В* — для консервации запасных частей из черных и цветных металлов, хранящихся в средних и легких условиях.

НГМ-МЛ (ТУ 38 101767—84) — защитный тиксотропный состав для защиты от коррозии внутренних полостей кузовов автомобилей. Наносят в скрытые сечения автомобиля распылением; температура продукта при распылении должна быть не ниже 18 °C.

Мовиль (ТУ 6-15-11-31—99) — автоконсервант порогов, предназначен для защиты от коррозии внутренних поверхностей деталей коробчатого сечения корпуса и съемных частей кузова новых и бывших в эксплуатации автомобилей. Наносят кистью или распылением.

Мольвин-МЛ (ТУ 38 101894—81) — защитный тиксотропный материал, предназначен для защиты от коррозии внутренних полостей и кузовов автомобилей. Наносят методом безвоздушного распыления на конвейере; перед применением продукт следует перемешать.

Ингибит-С (ТУ 38 401606—86) — защитный материал, применяют для защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при межсезонном хранении. Наносят при температуре не менее 5 °C и влажности не более 70% методом безвоздушного или пневматического распыления, окунанием или кистью.

Защитные водовытесняющие составы (ЗВВС). Эти составы относятся к особому классу продуктов и содержат 20—60% растворителей (нефтяные, хлор- или фторорганические), 10—50% минеральных, синтетических или полусинтетических масел и до 30% комбинированных (антифрикционных, противоокислительных, противоизносных, загущающих) присадок. ЗВВС широко применяют на автомобилестроительных и ремонтных заводах, при обслуживании автомобилей. К отечественным продуктам этого типа относятся препараты серии УНИСМА, поступающие

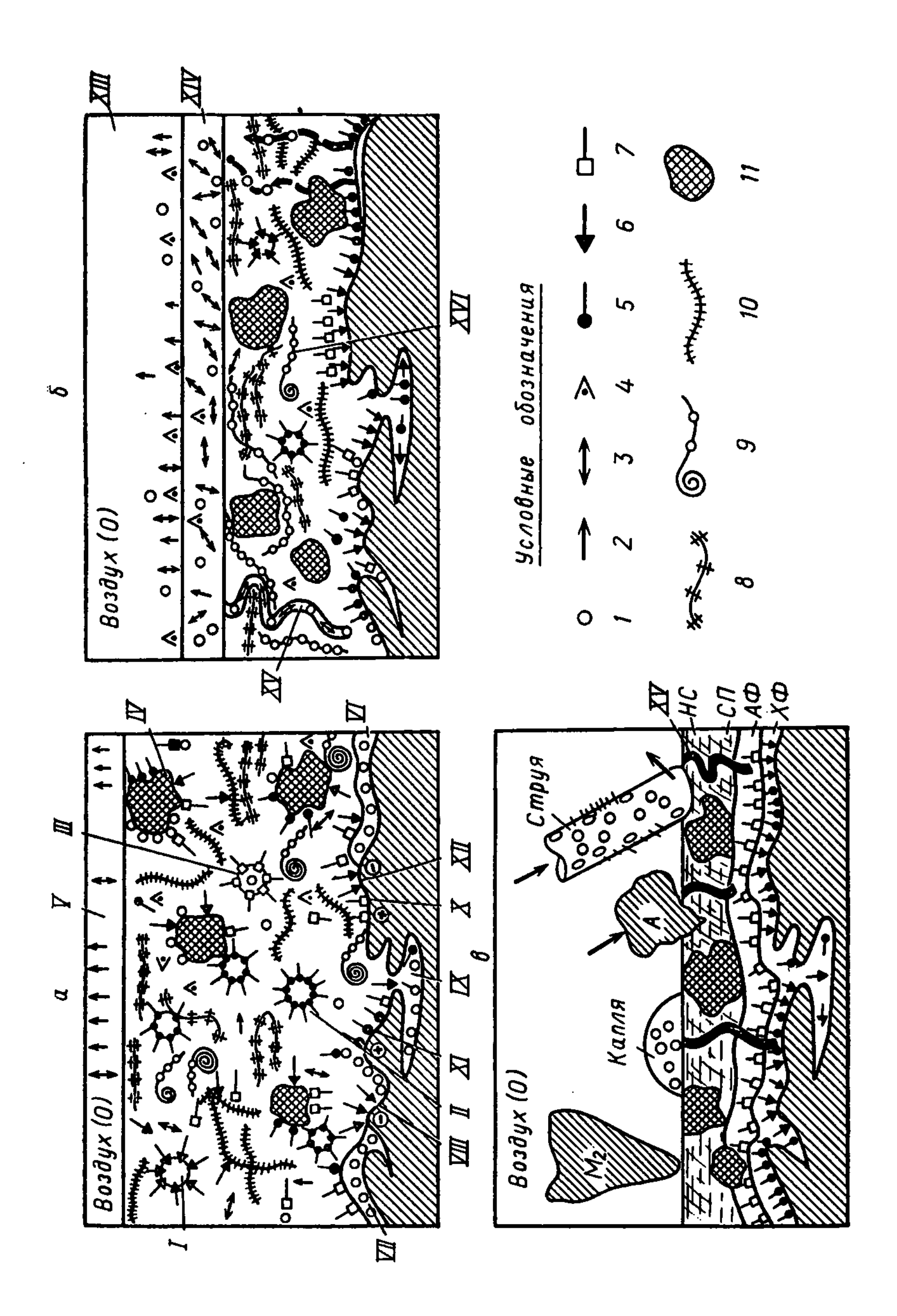


Рис. 79. Схема взаимодействия в системе «металл — электролит — ПИНС в растворителе» в исходном продукте после нанесения пленки (*а*), в промежуточной стадии (*б*) и в сформировавшейся защитной пленке (*в*):

1 — вода; *2* — легколетучий растворитель; *3* — среднелетучий растворитель; *4* — плохолетучий растворитель; *5* — маслорастворимый ингибитор коррозии акцепторного типа; *6* — то же, донорного типа; *7* — то же, экранирующего типа; *8* — загустители типа битумов или восков; *9* — высокомолекулярные загустители (пленкообразователи); *10* — загустители типа мыл; *11* — наполнители; I, II, III мицеллы ПАВ донорного, акцепторного и экранирующего типов; IV — стабилизованный наполнитель; V — испарение легколетучего растворителя; VI — адсорбционная вода (водная фаза); VII, VIII — вытеснение воды; IX — проникание в микротрещину; X — адсорбции; XI, XII — хемосорбция акцепторного и донорного типов; XIII — испарение среднелетучего и частично плохолетучего растворителя, воды; XIV — выделение фазы растворителя (синерезис); XV — образование микродефектов (каналов) пленки; XVI — распрямление высокополимерных загустителей

Таблица 7.6. Характеристики ПИНС

Показатель	Мольвин-МЛ*	НГМ-МЛ*	НГ-216		Ингибит-С
			марка А/марка Б	марка В	
Внешний вид пленки	Полутвердая, воскообразная; допускается мелкозернистая структура	Полутвердая воскообразная равномерная пленка без посторонних включений и сгустков	Равномерная с небольшим отлипом, без комков и абразивов	Мазеобразная равномерный	Полутвердая с мелкозернистой структурой
Цвет	От темно-коричневого до черного	От светло-желтого до светло-коричневого	Черный	Темно-коричневый	Черный
Содержание активного вещества, %	42—52	32	55/35	25	—**
Температура каплепадения активного вещества, °С, не менее	150	120	70	40	120
Пенетрация, $мм^{-1}$	230—300	230—300	—	—	—
Содержание, %:					
механических примесей	Отсутствие	0,15	—	—	Отсутствие
воды, не более	0,50	0,20	0,15	Следы	0,50

* Время формирования тиксотропной структуры пленки Мольвин-МЛ не более 1,5 мин, для НГМ-МЛ — не более 2 мин. Испытание на стекание выдерживают Мольвин-МЛ при 160 °С, НГМ-МЛ — при 120 °С.
** Содержание активного вещества регламентируется по вязкости — 15—40 с по ВЗ-4.

Таблица 7.7. Защитные свойства ПИНС

Показатель	НГ-216А	НГ-216Б	НГ-216В	НГМ-МЛ	Мовиль	Мольвин-МЛ	Ингибит-С
Защитные свойства, ч*:							
при повышенных температуре и влажности	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
при воздействии солиного тумана	600	600	300	300	300	300	600
при погружении в электролит	600	600	300	300	500	500	700

* Время до появления первых признаков коррозии на пластинах из Ст. 10 (ГОСТ 9.054—75).

в продажу в аэрозольной упаковке. Используют препараты для защиты от коррозии и облегчения отвинчивания резьбовых соединений в системе «болт — гайка», для смазывания дверных замков и других точных изделий, консервации запасных частей и инструмента, защиты сварных швов и заклепочных соединений, для облегчения запуска отсыревших двигателей (эффективно и быстро вода вытесняется из двигателя, устраняется утечка тока в системе зажигания). Составы хорошо пропитывают продукты коррозии, поэтому весьма эффективны при обработке резьбовых и других соединительных соединений, а также ржавых поверхностей.

Характеристика защитного водовытесняющего средства УНИСМА-1 высшей категории качества (ТУ 6-15-1402—83) приведена ниже:

	Iв	IIв
Избыточное давление насыщенных паров содержимого аэрозольной упаковки, МПа:		
при 20 °С	⩾0,2	—
при 50 °С	⩽0,75	—
Содержание, %:		
пропеллента в аэрозольной упаковке, %	35±3	45±3
нелетучих веществ	⩾16	⩾13
Проникающая способность, см	⩾3,0	⩾3,0
Защитные (антикоррозионные) свойства пленки, сут	⩾3	⩾3

Глава 8
СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) являются обязательным элементом большинства технологических процессов обработки материалов резанием и давлением. Точение, фрезерование, сверление, шлифование и другие процессы обработки резанием сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов, неметаллических конструкционных материалов, штамповка и прокатка металлов характеризуются большими статическими и динамическими нагрузками, высокими температурами, воздействием обрабатываемого материала на режущий инструмент, штамповочное и прокатное оборудование. В этих условиях основное назначение СОТС — уменьшить температуру, силовые параметры обработки и износ режущего инструмента, штампов и валков, обеспечить удовлетворительное качество обработанной поверхности. Помимо этого, СОТС должны отвечать гигиеническим, экологическим и другим требованиям, обладать комплексом антикоррозионных, моющих, антимикробных и других эксплуатационных свойств. Применение СОТС при обработке металлов резанием и давлением позволяет повышать производительность оборудования, точность и чистоту обработки, снизить брак, улучшить условия труда и в ряде случаев сократить число технологических операций.

Товарные ассортименты СОТС в СССР и за рубежом включают индустриальные масла и другие нефтяные фракции с присадками, эмульсолы (образующие в воде грубодисперсные эмульсии), а также композиции, дающие в воде микроэмульсии или прозрачные растворы.

В период 70—80 гг. производство смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) и технологических смазок (ТС) для металлообработки сформировалось как самостоятельная подотрасль нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Только для обеспечения работы оборудования на ВАЗе разработано и организовано производство 38 новых СОТС, так как продукты существовавшего до 1973 г. отечественного товарного ассортимента оказались непригодными для указанных целей. Многие из СОТС, разработанные для ВАЗа, получили применение и на КамАЗе (вместо 44 зарубежных СОТС, рекомендованных иностранными фирмами для КамАЗа, в настоящее время применяют 13 отечественных продуктов, обеспечивая нормальную эксплуатацию технологического оборудования). К настоящему времени разработано и освоено в производстве 28 новых СОТС: для обработки металлов резанием — 20 марок, для холодной штамповки металлов — 5 марок и для прокатки металлов — 3 марки. Наиболее важные из них: МР-1у и МР-7 — заменяют морально устаревший сульфофрезол; Аквол-10М, Аквол-11, Аквол-14, Аквапол-1, Синтал-2, Синхо-2М и Синхо-6 — синтетические и полусинтетические СОЖ — отвечают современным требованиям машиностроения и позволяют сократить расход нефтепродуктов на технологические нужды в различных отраслях машиностроения; Укринол-205, Укринол-207 и Укринол-211М — обеспечивают работу высокопроизводительных станов прокатки алюминия, меди, автолиста. Экономический эффект от внедрения новых СОТС за период 1981—1985 гг. превысил 50 млн. руб. Намечается расширение производства СОТС для более полного обеспечения потребностей народного хозяйства и в первую очередь автоматизированных технологических комплексов машиностроения.

Массовый характер использования СОТС в машиностроительных и металлообрабатывающих отраслях промышленности, постоянный рост торговли оборудованием для обработки металлов как между странами социалистического содружества, так и между социалистическими и капиталистическими странами, обусловливают необходимость разработки систем классификации и выбора отечественных и зарубежных СОТС с целью определения их взаимозаменяемости. С учетом отечественного и зарубежного опыта предлагается следующая физико-химическая классификация смазочно-охлаждающих технологических средств для обработки металлов и соответствующие основные классификационные обозначения:

Газообразные СОТС:	Г
инертные	Г1
активные	Г2
Жидкие СОТС:	
водосмешиваемые	В
образующие в воде эмульсии	Э
дающие прозрачные растворы	Р
масляные	М
I группы вязкости $\nu_{50}=1\div9$ мм²/с ($\nu_{40}=2\div12$ мм²/с) группы вязкости по ISO=2, 3, 5, 7, 10	М1
II группы вязкости $\nu_{50}=10\div20$ мм²/с ($\nu_{40}=13\div20$ мм²/с), группы вязкости по ISO=3, 15, 22	М2
III группы вязкости $\nu_{50}>20$ мм²/с ($\nu_{40}>30$ мм²/с), группы вязкости по ISO=32, 46, 68, 100	М3
быстроиспаряющиеся	И
расплавы:	Рс
металлов	Рс1
солей	Рс2
других веществ	Рс3

Твердые СОТС:

неорганические (неметаллы)	Т1
мягкие металлы	Т2
органические	Т3
смешанные	Т4
другие	Т5
Пластичные СОТС на загустителях:	П
углеводородных	П1
мыльных	П2
смешанных	П3
других	П4

Основные классификационные обозначения дополняют индексами, которые указывают отсутствие или присутствие присадок, усиливающих смазочные свойства СОТС, уровень легирования присадками, растворимость присадок в маслах или воде, класс по химической природе и активность по отношению к меди:

О. — отсутствие присадки
П. — присутствие присадки
ПМ. — маслорастворимые присадки
$\underline{\text{ПМ}}$. — маслорастворимые присадки, активные по отношению к меди
ПВ. — водорастворимые присадки
ПМВ. — масловодорастворимые присадки
ПН. — масловодонерастворимые присадки (добавки, наполнители)

Степень легирования присадками, усиливающими смазочные свойства СОТС (содержание присадок):

1 — до 5% (масс.), невысокое
2 — 5—10% (масс.), умеренное
3 — 10—30% (масс.), высокое
4 — более 30% (масс.), очень высокое

Класс присадок по химической природе:

а — животные жиры, растительные масла, синтетические сложные эфиры, органические кислоты
б — галогеносодержащие
в — серосодержащие
г — фосфорсодержащие
д — азотсодержащие
е — содержащие другие активные элементы
ж — комплексные металлорганические соединения
з — растворимые в маслах или воде полимеры
и — органические наполнители
к — неорганические наполнители
л — другие химические соединения

Примеры классификационного обозначения СОТС:

Э1.ПМ.2.абв. — концентрат водосмешиваемой СОТС, образующей в воде грубые дисперсии, активной по отношению к меди, содержащей от 5 до 10% (масс.) маслорастворимых жировых добавок, галогено- и серосодержащих присадок

М3.ПМ.3.абг. — неактивное высоковязкое масляное СОТС с высоким содержанием жиров, галогено- и фосфорсодержащих присадок

Предлагаемая классификация достаточно универсальна и применима для всех видов СОТС независимо от их назначения и агрегатного состояния. Ее можно использовать как для характеристики существующих товарных СОТС, так и для анализа патентной литературы при создании новых смазочных материалов для обработки металлов (резание, прокатка и штамповка). Вариант структуры ассортимента жидких СОТС представлен в табл. 8.1. В промышленном масштабе, однако, освоено производство масляных и водосмешиваемых жидких СОТС.

Масляные СОТС представляют собой минеральные масла вязкостью при 50 °С от 2 до 40 мм²/с без присадок или с присадками различного функционального назначения (антифрикционные, противоизносные, противозадирные, антиокислительные, моющие, антипенные, противотуманные, антикоррозионные и др.). Обладая хорошими смазывающими свойствами, масляные СОТС имеют и недостатки, а именно: низкая охлаждающая способность, высокая стоимость, повышенная испаряемость и пожароопасность.

В состав водосмешиваемых СОТС могут входить эмульгаторы, ингибиторы коррозии, биоциды, противоизносно-противозадирные присадки, антипенные добавки, электролиты, связующие вещества (вода, спирты, гликоли и пр.) и другие органические и неорганические вещества. Водосмешиваемые СОТС обладают рядом преимуществ перед масляными: более высокая охлаждающая способность, пожаробезопасность и меньшая опасность для здоровья работающего персонала, невысокая стоимость рабочих растворов. Вместе с тем им присущ и ряд недостатков — повышенная поражаемость микроорганизмами, пенообразование, необходимость утилизации отработанных водных растворов.

Предложенная классификация предполагает только промышленных СОТС для обработки металлов жидких водосмешиваемых и масляных 78 видов. Существование каждого вида жидких СОТС реально (подтверждается анализом товарных СОТС, производимых в нашей стране и за рубежом), но ни один из товарных ассортиментов какой-либо фирмы или страны не содержит все возможные виды. Наиболее разнообразен ассортимент СОТС в США (более 300 наименований), где производством указанной группы смазочных материалов занимается более 80 фирм.

Система классификационной индексации обеспечивает информационную совместимость разрабатываемых странами — членами СЭВ смазочно-охлаждающих технологических средств. Она применима при решении вопросов материально-технического снабжения, внешней торговли и статистики, специализации и кооперирования производства, создания новых СОТС и их стандартизации. Общий классификатор позволит более эффективно разрабатывать базовые ассортименты СОТС, долгосрочные планы и интеграционные мероприятия по их производству и обеспечению стран — членов СЭВ.

Таблица 8.1. Структура ассортимента жидких СОТС

Класс СОТС	Индексация по видам					
	Химическая природа	Наличие присадок	Степень легирования присадками			
			1	2	3	4
1. Водосмешиваемые						
1.1. Образующие в воде эмульсии:	Э					
1.1.1. Грубые дисперсии	Э1	Э1.О	—	—	—	—
		Э1.П	Э1.П1	Э1.П2	Э1.П3	Э1.П4
			Э1.П1	Э1.П2	Э1.П3	Э1.П4
1.1.2. Микроэмульсии («полусинтетические»)	Э2	Э2.О	—	—	—	—
		Э2.П	Э2.П1	Э2.П2	Э2.П3	Э2.П4
			Э2.П1	Э2.П2	Э2.П3	Э2.П4
1.2. Дающие в воде прозрачные растворы («синтетические»)	Р					
1.2.1. На основе органических веществ	Р1	Р1.О	—	—	—	—
		Р1.П	Р1.П1	Р1.Р2	Р1.П3	Р1.П4
			Р1.П1	Р1.П2	Р1.П3	Р1.П4
1.2.2. На основе неорганических веществ	Р2	Р2.О	—	—	—	—
		Р2.П	Р2.П1	Р2.П2	Р2.П3	Р2.П4
			Р2.П1	Р2.П2	Р2.П3	Р2.П4
1.2.3. На основе смеси органических и неорганических веществ	Р3	Р3.О	—	—	—	—
		Р3.П	Р3.П1	Р3.П2	Р3.П3	Р3.П4
			Р3.П1	Р3.П2	Р3.П3	Р3.П4
2. Масляные (на основе нефтяных и синтетических масел):						
2.1. I группы вязкости	М1	М1.О	—	—	—	—
		М1.П	М1.П1	М1.П2	М1.П3	М1.П4
			М1.П1	М1.П2	М1.П3	М1.П4
2.2. II группы вязкости	М2	М2.О	—	—	—	—
		М2.П	М2.П1	М2.П2	М2.П3	М2.П4
			М2.П1	М2.П2	М2.П3	М2.П4
2.3. III группы вязкости	М.3	М3.О	—	—	—	—
		М3.П	М3.П1	М3.П2	М3.П3	М3.П4
			М3.П1	М3.П2	М3.М3	М3.П4

АССОРТИМЕНТ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И СВОЙСТВА СОТС

В ассортимент включены продукты, которые успешно прошли испытания и их производство освоено предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (табл. 8.2).

Таблица 8.2. Ассортимент, назначение и области применения СОТС

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
	Водосмешиваемые	
Аквол-2 (ТУ 38 УССР 201220—79)	Точение, сверление, фрезерование, развертывание, протягивание, шлифование легированных, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов	Эмульгируемое, 5—10%-е водные эмульсии
Аквол-6 (ТУ 38 101875—82)	Резание коррозионно-стойких высокопрочных сталей и титановых сплавов, а также обычных конструкционных материалов в тяжелых режимах резания	Эмульгируемое, 5—20%-е водные эмульсии
Аквол-10М (ТУ 38 101931—83)	Фасонное фрезерование, протягивание, нарезание резьбы, точение, сверление, шлифование цветных металлов, чугунов, углеродистых, конструкционных, легированных жаропрочных сталей и сплавов	Синтетическое, 2—3%-е водные растворы
Аквол-11 (ТУ 38 101932—83)	Резание углеродистых и легированных сталей, точение, сверление, фрезерование, шлифование алюминиевых сплавов	Полусинтетическое, 2—3%-е водные растворы
Аквол-14 (ТУ 38 101971—84)	Точение, отрезка, сверление, зенкерование, развертывание, фрезерование, шлифование углеродистых и легированных сталей	Синтетическое, 3—15%-е водные растворы
Аквапол-1 (ТУ 38 101161—86)	Резание чугуна, углеродистых, легированных, труднообрабатываемых сталей и сплавов	Полусинтетическое, 3—15%-е водные растворы
Аквемус (ТУ 38 УССР 201341—84)	Резание стали и чугуна на токарных вертикальных многошпиндельных полуавтоматах, горизонтальных патронных и прутковых автоматах	Эмульгируемое, 3—5%-е водные эмульсии
Карбамол-П1 (ТУ 38 УССР 1011033—85)	Лезвийная и абразивная обработка черных, цветных металлов и сплавов	Полусинтетическое, 2—5%-е водные эмульсии

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
Карбамол-Э1 (ТУ 38 УССР 101158—86)	Абразивная и лезвийная обработка конструкционных материалов	Эмульгируемое, 2—5%-е водные эмульсии
НГЛ-205 (ТУ 38 101547—80)	Резание, шлифование черных и цветных металлов	Эмульгируемое, 8—10%-е водные эмульсии
НКС-5У (ТУ 38 001304—82)	Хонингование, суперфиниширование закаленных сталей и чугунов	Полусинтетическое, 10%-е водные растворы
ОМ (ТУ 38 УССР 201270—78)	Холодная прокатка конструкционных сталей	Эмульгируемое, 5%-е водные эмульсии
РЗ-СОЖ-8 (ТУ 38 101258—80)	Резание титановых и высокопрочных сплавов	Эмульгируемое, 5—8%-е водные эмульсии
Синхо-2М (ТУ 38 1011060—86)	Финишные операции абразивной обработки чугуна	Полусинтетическое, 2—3%-е водные растворы
Синхо-6 (ТУ 38 1011060—86)	Финишные операции алмазно-абразивной обработки легированных сталей и сплавов	Синтетическое, 5—6%-е водные растворы (взамен керосина)
Синтал-2 (ТУ 38 1011022—85)	Лезвийная и абразивная обработка деталей подшипников	Эмульгируемое, 5—10%-е водные эмульсии
СКТБ ИНХП-2 (ТУ 38 АзССР 20271—80)	Обычное и скоростно-силовое шлифование стальных, металлокерамических изделий; механическая обработка чугуна, стали, латуни	Эмульгируемое, 3%-е водные эмульсии
СП-3 (ГОСТ 5702—75)	Прокатка цветных металлов, токарная обработка, нарезание резьбы на алюминиевых сплавах; рабочая жидкость гидравлических систем	Эмульгируемое, 5—10%-е водные эмульсии
Укринол-1 (ТУ 38 101197—82)	Шлифование стали, чугуна, точение, сверление, фрезерование, резьбонарезание, протягивание	Эмульгируемое, 2—10%-е водные эмульсии
Укринол-1М (ТУ 38 101878—83)	Лезвийная и абразивная обработки сталей, чугуна, цветных металлов	Эмульгируемое, 2—5%-е водные эмульсии
Укринол-2 (ТУ 38 101846—80)	Штамповка конструкционной стали	Эмульгируемое, 8%-е водные эмульсии
Укринол-2У (ТУ 38 101846—80)	Штамповка меди и латуни	Эмульгируемое, 8%-е водные эмульсии
Укринол-3П (ТУ 38 101847—80)	Протягивание черных металлов	Эмульгируемое, 15%-е водные эмульсии

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
Укринол-3У (ТУ 38 101848—80)	Листовая штамповка латуни и освинцованной стали	Водосмываемое, неразбавленный водой концентрат
Укринол-11 (ТУ 38 101331—75)	Профилирование трубок радиаторов автомобилей	Эмульгируемое, 5%-е водные эмульсии
Укринол-50У (ТУ 38 101978—87)	Штамповка черных металлов, меди, латуни, освинцованной стали	Эмульгируемое, 5—30%-е водные эмульсии
Укринол-211М (ТУ 38 УССР 201377—85)	Прокатка лент из углеродистой стали	Эмульгируемое, 5%-е водные эмульсии
ФМИ-3 (ТУ 38 УССР 201319—79)	Резание, операции обработки давлением конструкционных и высоколегированных сталей	Эмульгируемое, 3—5%-е водные эмульсии
ШМ (ТУ 38 УССР 201428—84)	Шлифование, полирование листов и полос из углеродистых и легированных сталей	Эмульгируемое
ЭГТ (ТУ 38 101149—75)	Резание, обработка давлением	Эмульгируемое
ЭМУС (ТУ 38 101174—76)	Лезвийная и абразивная обработка конструкционных сталей	Эмульгируемое, 3—5%-е водные эмульсии
ЭС-1М (ТУ 38 УССР 20160—80)	Холодная штамповка стали	Эмульгируемое, для приготовления штамповочной пасты ЭСТ-1М
ЭТ-2 (ТУ 38 101599—75)	Резание, обработка давлением	Эмульгируемое
ЭТ-2У (ТУ 38 УССР 201299—80)	Резание, прокатка конструкционных сталей	Эмульгируемое, 10%-е водные эмульсии
Масляные		
Карбонал (ТУ 38 101729—85)	Сверление, резьбонарезание, развертывание сталей цветных металлов и их сплавов малого диаметра (до 10 мм)	Технологическая паста, взамен пчелиного воска, мыла, сала животного технического
КЭТ-1 (ТУ 38 УССР 201301—85)	Калибровка труб экспандерами	—
ЛЗ-СОЖ-487 (ТУ 38 101516—75)	Глубокая вытяжка латуни	—
ЛЗ-СОЖ-1ПИО (ТУ 38 101116—79)	Фасонное шлифование стали	—
ЛЗ-СОЖ-1СП (ТУ 38 101126—79)	Резьбонарезание наружное	—
ЛЗ-СОЖ-1Т (ТУ 38 10185—79)	То же	—

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
МР-1У (ТУ 38 101731—80)	Резание углеродистых конструкционных, легированных сталей на станках-автоматах, резьбонарезание, протягивание, чистовое зубодолбление, сверление	—
МР-2 (ТУ 38 УССР 201187—80)	Точение, тонкое растачивание, резьбонарезание, отдельные виды шлифования труднообрабатываемых материалов	—
МР-2У (ТУ 38 УССР 201205—77)	Резание цветных металлов и сплавов, конструкционных углеродистых сталей, точение, фрезерование, шлифование	—
МР-3 (ТУ 38 УССР 201254—83)	Сверление, глубокое сверление, растачивание, резьбо- и зубошлифование углеродистых, легированных, конструкционных, нержавеющих, жаропрочных сталей и сплавов	—
МР-4 (ТУ 38 101481—76)	Точение, сверление, резьбонарезание, развертывание, хонингование, фасонное шлифование нержавеющих, жаропрочных и жаростойких, алюминиевых и титановых сплавов	—
МР-5У (ТУ 38 101780—82)	Тяжелые режимы резания конструкционных, углеродистых, легированных, инструментальных, нержавеющих, жаропрочных сталей и сплавов	Используют в виде концентрата
	Обычные режимы резания тех же металлов	5—50%-е растворы в индустриальных маслах v_{50}=4—35 мм²/с
МР-6 (ТУ 38 УССР 201290—81)	Резьбонарезание, сверление, развертывание, протягивание легированных и жаропрочных сталей, титановых сплавов и тугоплавких материалов	—
МР-7 (ТУ 38 УССР 201343—83)	Резание и давление черных металлов (взамен сульфофрезола)	Пониженное образование масляного тумана и дыма
МР-8 (ТУ 38 101955—86)	Резание сталей и цветных металлов	5—75%-е растворы в индустриальных маслах v_{50}=4—40 мм²/с

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
МР-9 (ТУ 38 101979—86)	Резание черных и цветных металлов; смазочная среда для узлов трения, гидравлическая жидкость гидросистем станков	—
МР-10 (ТУ 38 101973—85)	Высокоскоростное шлифование профилей режущих инструментов (сверл, метчиков, разверток и фрез)	—
МР-99 (ТУ 38 101877—84)	Внутреннее протягивание, резьбонарезание, фасонное шлифование, шевингование зубьев	В виде концентрата
	Точение, сверление, отрезание, развертывание, зубообработка, протягивание, нарезание резьбы, а также на токарных автоматах	5—50%-е растворы в индустриальных маслах И-12А, И-20А, И-30А
Натронал-1М (ТУ 38 101728—85)	Смазывание абразивных лент и устройств, предназначенных для конечной обработки с использованием абразивных материалов	Технологическая паста
ОСМ-1 (ТУ 38 УССР 201228—81)	Алмазное, хонингование, полирование, суперфиниширование чугуна, углеродистых, низкоуглеродистых сталей взамен керосина, керосино-масляных смесей	—
ОСМ-3 (ТУ 38 УССР 201152—75)	Скоростное развертывание металлокерамических втулок; сверление, зубо- и резьбообработка, алмазно-абразивная обработка	—
ОСМ-4 (ТУ 38 УССР 201393—85)	Ленточное шлифование и полирование полиграфического цинка марки ЦМП	—
ОСМ-5 (ТУ 38 УССР 201249—76)	Зубодолбление, зубохонингование, сверление, шевингование, центрование, зенкерование, резьбонарезание, отрезка, фасонирование, развертывание углеродистых и легированных сталей на низких и средних скоростях резания	—
СВ-1 (ТУ 38 УССР 201326—79)	Смазывание прессующего поршня в машинах литья под давлением	—
Сульфофрезол (ГОСТ 122—84)	Резание и давление черных металлов	
СЭЛ-1 (ТУ 38 УССР 201163—77)	Притирка	В смеси с абразивным порошком

Продолжение табл. 8.2

Марка, наименование (ГОСТ, ТУ)	Назначение, особенности применения	Дополнительная информация
СТП-1У (ТУ 38 101660—82)	Прокатка, волочение черных и цветных металлов	—
Т-6П (ТУ 38 УССР 201300—80)	Прокатка электротехнической стали на многовалковых станах	—
Т-7П (ТУ 38 УССР 201300—80)	Прокатка легированной стали на многовалковых станах	—
Укринол-4 (ТУ 38 101199—74)	Профилирование, неглубокая вытяжка конструкционных сталей	—
Укринол-5/5 (ТУ 38 101388—79)	Высадка поршневых пальцев, штамповка меди и ее сплавов	
Укринол-13 (ТУ 38 101411—77)	Выдавливание тарелки пружины клапана; выдавливание конструкционных сталей	В смеси с индустриальным маслом (1 : 1)
Укринол-14 (ТУ 38 001305—78)	Профильное шлифование инструментальных сталей	—
Укринол-23 (ТУ 38 101864—81)	Холодная листовая штамповка стали методом глубокой и средней вытяжки	Смываемый водой
Укринол-202 (ТУ 38 УССР 201264—80)	Прокатка алюминия и его сплавов	—
Укринол-205 (ТУ 38 УССР 201347—83)	Прокатка тонких алюминиевых лент	—
Укринол-207 (ТУ 38 УССР 201363—83)	Холодная прокатка медных и латунных лент	—
ХС-11У (ТУ 38 101935—85)	Рубка труб из конструкционных сталей	—
ХС-147 (ТУ 38 101612—76)	Чистовая вырубка из листовой углеродистой, легированной и конструкционной стали	—
ХС-163 (ТУ 38 101727—82)	Чистовая вырубка из легированной стали ШХ-15 толщиной ⩾15 мм	—
ХС-170 (ТУ 38 101933—86)	Штамповка и глубокая вытяжка из конструкционных и легированных сталей	—
ШС-2 (ТУ 38 УССР 201246—80)	Штамповка деталей особо глубокой вытяжкой	—
Эмбол (ТУ 38 101958—86)	Глубокая, средняя вытяжка конструкционных углеродистых сталей с автоматической подачей смазки	—

Физико-химические характеристики смазочно-охлаждающих технологических средств представлены в табл. 8.3 и 8.4 (стр. 356—359)

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Требования к эксплуатационным свойствам СОТС в зависимости от типа и условий их применения могут быть различными. Основные требования, предъявляемые к современным СОТС, следующие:

технологические свойства (стойкость режущего инструмента, производительность процесса обработки, качество обработанной поверхности детали и др.) на уровне и выше требований технологического процесса обработки металлов;

экономическая эффективность применения, в том числе взамен одной или нескольких ранее применявшихся СОТС (с учетом технологической эффективности, стоимости, срока службы, разницы в затратах на транспорт, хранение, приготовление, эксплуатацию, регенерацию и утилизацию);

соответствие современным гигиеническим требованиям;

физико-химические характеристики в пределах норм, указанных в технических условиях на продукт и на уровне лучших зарубежных.

Кроме того, к качеству СОТС выдвигаются дополнительные (сопутствующие) требования, а именно:

отсутствие корродирующего действия на оборудование и обрабатываемый металл;

защитное (антикоррозионное) действие при межоперационном хранении изделий (деталей);

отсутствие разрушающего действия на лакокрасочные покрытия оборудования, на резиновые уплотнения, пластмассовые направляющие, устройства автоматики и другие элементы металлообрабатывающего оборудования;

отсутствие обильного пенообразования, дыма, тумана, аэрозолей при эксплуатации;

удовлетворительная фильтруемость;

отсутствие отложений, пленок, затрудняющих перемещение движущихся частей металлообрабатывающих станков;

стабильность при хранении и транспорте, в том числе при низких температурах;

удовлетворительные моющие свойства;

удовлетворительная микробиологическая стойкость и длительный срок службы водных эмульсий и растворов СОТС;

стабильность эксплуатационных свойств СОТС в процессе длительного применения — устойчивость к «истощению»;

легкость приготовления рабочих эмульсий и растворов, в том числе на воде различной жесткости, в холодной воде и в других условиях;

Таблица 8.3. Физико-химические характеристики водосмешиваемых СОТС

Шифр физико-химической характеристики:

1 — плотность при 20 °С, кг/м³;
2 — вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с;
3 — кислотное число, мг КОН/г;
4 — число омыления, мг КОН/г;
5 — содержание хлора, % (масс.);
6 — содержание серы, % (масс.);
7 — содержание воды, % (масс.);

влияние жесткой воды:

8 — масляные отделения, см³;
9 — пастообразные отделения, см³;
10 — защитная способность от влаги

прочерк — показатель не определяется, не нормируется;
[+] — испытания выдерживает;

испытание на коррозию на пластинке из:

11 — освинцованной стали (ТУ 14-1-708—73);
12 — меди М0к или М1к или М0б или М1б (ГОСТ 859—78);

эмульсии и водные растворы:

13 — концентрация рабочего водного раствора;
14 — pH;
15 — корродирующее действие по отношению к черным металлам;
16 — корродирующее действие на латунь;
17 — склонность к пенообразованию, см³;
18 — устойчивость пены, см³

Марка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Аквол-2	900—990	40—75	8,0	20,0—45,0	4,0—5,0	1,3—2,3	2,0—5,0	—	—	—	—	—	7	8—10	[+]	—	—	—
Аквол-6	900—1000	70	4	—	11—14	—	6,0	—	—	—	—	—	5	8—10	[+]	—	90	50
Аквол-10М	1000—1100	6,0—15,0	26,0	—	—	—	—	[+]	[+]	—	—	—	3	8—10	[+]	—	450	100
Аквол-11	1000—1050	40	16,0—20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	8,5—10,0	[+]	—	500	200
Аквол-14	1000—1200	3,0—7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	7—9	[+]	—	400	100
Аквапол-1	1000—1200	30	32—47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	7,5—9,0	[+]	—	600	300
Аквемус	980—1200	—	60	70	—	—	25,0	[+]	—	—	—	—	3	7,5—8,5	[+]	—	650	400
Карбамол-Э1	800—1000	45	30	—	—	—	—	[+]	—	—	—	—	3	8,0—9,5	[+]	—	650	400
Карбамол-П1	900—1100	20—40	30	—	—	—	—	[+]	—	—	—	—	3	8,5—10,0	[+]	—	700	350
НГЛ 205	—	—	—	—	—	—	30,0	—	—	—	—	—	—	—	[+]	—	—	—
НКС-5У	1100—1150	—	—	—	45—55,0	0,8	—	—	—	—	—	—	10	8—11	[+]	—	700	400
ОМ	900—990	25—50	—	22—45	—	—	3,0	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—
РЗ СОЖ-8	—	6	—	—	—	—	10,0	—	—	—	—	—	3	8—10	[+]	—	—	—
Синхо-2М	1000—1100	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	8,5—10,0	[+]	—	700	300
Синхо-6	1000—1200	150	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	7,5—10,0	[+]	—	700	300
Ситал-2	950—1050	70	—	—	11,0	—	—	[+]	—	—	—	—	5	8,5—9,5	[+]	—	500	200
СКТБ ИНХП-2	1000—1200	4,0—13,0	—	—	—	—	38,0—40,0	[+]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
СП-3	—	—	17—21	—	—	—	Отсутствие	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Укриол-1	900—980	30—60	10	—	Отсутствие	—	6,0	[+]	[+]	[+]	—	—	3	9—10	[+]	—	700	400
Укриол-1М	900—980	20—50	9	—	Отсутствие	—	5,5	[+]	[+]	[+]	—	—	3	9—10	[+]	—	650	380
Укриол-2У	920—950	60—100	—	30,0	0,4—0,6	1,5—2,2	—	0,2	0,5	[+]	—	[+]	8	8—10	[+]	[+]	700	400
Укриол-3П	920—980	70—140	5	4—30	0,4—0,6	2,0—3,0	2,0—4,5	0,2	5,0	[+]	—		8,0—15,0	8—10	—	—	650	400
Укриол-3У	920—960	60—120	5	15—40	0,4—0,6	2,0—3,0	2,0—4,0	0,2	5,0	[+]	[+]	[+]	8,0—15,0	8—10	[+]	[+]	—	—
Укриол-11	920—940	40—60	3,3	—	—	—	3,5	0,5	0,5	—	—	—	5,0	8—10	—	—	—	—
Укрнол-211М	900—990	25—45	20	80	—	—	3,0	—	—	—	—	—	5,0	7,5	—	—	—	—
Укринол-50У	940—980	30—100	0,2—3,0		2,0—3,0	1,5—3,0	1,0—5,0	[+]	[+]	[+]	[+]	[+]	8,0—15,0	9—11	[+]	[+]	450	250
ФМИ-3	1000—1300	230—260	3	10	—	—	10,0	0,2	0,5	—	—	—	5,0	9,0—10,5	[+]	—	—	—
ЭГТ	—	—	6,0	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	3	9,0—10,0	[+]	—	100	40
ЭМУС	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЭС-1М	—	—	30,0—40,0	—	—	1,5	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЭТ-2	—	—	6,0	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	3,0	9—10	[+]	—	100	40
ЭТ-2У	900—990	—	—	—	—	—	5,0	—	—	—	—	—	10	—	[+]			

Таблица 8.4. Физико-химическая характеристика масляных СОТС

Шифр физико-химической характеристики:

1 — плотность при 20 °С, кг/м³;
2 — вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с;
3 — температура вспышки в открытом тигле, °С;
коррозирующее действие по отношению к металлам:
4 — серый чугун (ГОСТ 1412—79);
5 — сталь 40 или 45 (ГОСТ 1050—74);
6 — медь марок М0к или М1к или М0б или М1б или М1, М2 (ГОСТ 859—78);
прочерк — показатель не определяется, не нормируется;
7 — содержание серы, % (масс.);
8 — содержание фосфора, % (масс.);
9 — содержание хлора, % (масс.);
10 — температура каплепадения, °С;
11 — коксуемость, % (масс.);
12 — зольность, % (масс.);
13 — защитная способность от влаги;
14 — эмульгируемость в воде
[+] — испытания выдерживает;

Марка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КЭТ-1	—	—	—	—	[+]	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЛЗ-СОЖ-1сп	1020 (15 °С)	10,5—35	≥158	—	—	—	1,0—2,5	—	14,5—17,5	—	≤0,35	≤0,4—1,0	[+]	—
ЛЗ-СОЖ-1ПИО	940 (15)	19,4—24,5	≥158	—	—	—	0,39 1,1	—	0,3—0,6	—	≤0,35	≤0,1	Следы	—
ЛЗ-СОЖ-1т	—	24,5—29,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЛЗ-СОЖ-487	20 (20 °С)	85	—	—	[+]	—	—	—	19,0	—	—	—	—	—
МР-1У	800—930	18,0—24,0	≥170	[+]	[+]	—	0,7—1,5	—	1,0—1,6	—	—	—	—	—
МР-2	800—900	130—17,0	≥160	[+]	[+]	—	0,5—1,0	—	0,2—0,6	—	—	—	—	—
МР-2У	860—950	23,0—28,0	≥180	[+]	[+]	—	—	0,05—0,25	1,4—2,0	—	—	—	—	—
МР-3	850—915	5,0—17,0	≥125	[+]	[+]	—	1,0—2,2	0,02	—	—	—	—	—	—
МР-4	910—1100	4,0—10,0	≥180	[+]	[+]	—	—	—	15,0—18,0	—	—	—	—	—
МР-5У	860—960	30,0—40,0	≥185	[+]	[+]	—	1,5—3,0	—	0,5—1,4	—	—	—	—	—
МР-6	920—1000	20—30	≥130	[+]	[+]	—	0,5—1,0	—	11,0—15,0	—	—	—	—	—
МР-7	800—930	23,0—30,0	≥180	[+]	[+]	—	1,0—1,2	—	—	—	—	—	—	—
МР-8	870—950	25—40	≥190	[+]	[+]	≥2b	0,7—1,5	—	5,0—7,0	—	—	—	—	—
МР-9	860—920	20—30	≥190	[+]	[+]	≥2b	0,5—1,5	0,05—0,25	1,8—3,0	—	—	—	—	—
МР-10	800—930	12—16,5	≥175	[+]	[+]	—	—	0,05—0,25	1,2—1,7	—	—	—	—	—
МР-99	880—950	25—40	≥150	[+]	—	4а—с	3,5—5,0	—	1,1—1,6	—	—	—	—	—
Натроиал-1М	—	—	—	—	[+]	—	—	—	—	≤90,0	—	1,5—3,0	—	—
ОСМ-1	850—890	7,5	≥363	[+]	[+]	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ОСМ-3	850—910	4,5	≥100	[+]	—	—	0,2—0,5	—	0,7—1,35	—	—	—	—	—
ОСМ-4	850—875	4,5	≥100	[+]	—	—	0,2—0,5	—	0,7—1,35	—	—	—	—	—
ОСМ-5	880—960	10—18	≥160	[+]	[+]	[+] (латунь)	0,9—2,5	—	3,2 4,9	—	—	—	—	— —
СВ-1	—	110	—	—	—	—	—	—	—		≤0,5	≤1,3	—	—
СЭЛ-1*	—	10—20 10—20 135—200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	[+]
Сульфофрезол		20—25	—	—	—	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—
СТП-1У	—	—	—	—	—	—	8,0	—	—	≥39,0	—	—	—	—
Т-6П и Т-7П	850—950	5—8	≥130	—	[+]	—								
Укринол-4	950	30,0—40,0	≥156	—	—	—	1—2	—	0,3—0,4	—	—	—	[+]	[+]
Укринол 5/5	1100	75,0—85,0	≥150	—	—	—	1,5	—	17,0—21,0	—	3,0	≤0,2	[+]	—
Укринол-13	—	—	—	—	[+]	—	9—12,0	—	—	—	—	2,0—3,5	—	—
Укринол-23	940—980	130—180	—	[+]	[+]	—	2,0—3,0	—	2,3—3,3	—	—	—	[+]	[+]
Укринол-3У	920—980	110—170	—	[+]	[+]	[+]	1,5—2,1	—	0,4—0,7	—	—	—	[+]	[+]
Укринол-202	710—810	2,3—2,8	≥75,0	—	[+]	—	0,06	—	—	—	—	≤0,05	—	—
Укринол-205	800—850	6,5	≥90,0	—	[+]	—	—	—	—	—	—	≤0,001	—	—
Укринол-207	220—890	5—8	≥130	—	[+]	—	—	—	—	—	—	≤0,1	—	—
ХС-11У	850—950	10—20	≥150	[+]	[+]	—	0,5	—	1,5	—	—	—	[+]	—
ХС-163	—	40—70	≥150	[+]	[+]	[+]	1,0—3,0	—	17—21	—	—	—	[+]	—
ХС-170	880—960	90—140	≥155	[+]	—	—	1,6	—	1,5—2,5	—	—	—	[+]	—
ШС-2	—	—	—	—	—	[+]	—	—	—	≥32	—	—	—	—
Эмбол	850—950	30—40	≥160	—	[+]	—	5,0	—	0,3—0,6	—	—	—	[+]	—

* Вязкость определяется по Гардиеру (в секундах): первый интервал для продукта в состоянии поставки при 40 °С с диском без отверстий; второй — то же, после прокачки; третий — в состоянии поставки при 5 °С, диск — 51 отверстие.

удовлетворительная разлагаемость отработанной СОТС при обезвреживании и утилизации, экологическая безвредность отходов.

Перечисленные требования могут по-разному сочетаться, могут выдвигаться и дополнительные требования (например, обеспечение осаждения шлама в СОТС для алмазно-абразивной обработки или максимальной адгезии резины к латунированной стальной проволоке под металлокорд и т. п.).

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОТС

Выбор СОТС определяется рекомендациями по транспортированию и хранению, приготовлению рабочих растворов, контролю и корректировке качества, утилизации, охране труда при работе с СОТС. Правильное проведение этих работ обеспечивает технологическую эффективность, продляет срок службы и дает экономию СОТС, улучшает санитарно-гигиенические условия труда.

Для процессов металлообработки СОТС выбирают в соответствии с типом операций и их технологическими особенностями, характеристикой обрабатываемых материалов и т.д. Рекомендации по выбору СОТС для различных условий обработки металлов резанием и давлением приведены в предыдущем разделе. При выборе СОТС для конкретных технологических условий следует иметь в виду эффективный способ подачи их в зону обработки (свободно падающей или напорной струей, в распыленном состоянии, через каналы в инструменте, поры шлифовальных кругов и др.).

При использовании масляных СОТС оборудование — емкости, поддоны, фильтрующие устройства, трубопроводы — очищают механическим способом и при необходимости промывают небольшим объемом свежей СОТС. Оборудование для приготовления, подачи и фильтрования водосмешиваемых СОТС и при их замене тщательно очищают, промывают и дезинфицируют. Например, подготовка индивидуальной системы подачи и фильтрования водосмешиваемой СОТС отдельного металлорежущего станка включает следующие этапы:

слив отработанной СОТС;

механическая очистка емкости, поддона, доступных частей станка от донных осадков, налипов, пленок;

заполнение емкости (на половину — треть объема) горячим (40—60 °С) водным раствором моющего и дезинфицирующего средства;

циркуляция раствора в системе в течение 0,5—2,0 ч (в зависимости от объема системы и степени ее загрязненности);

слив промывного раствора.

Совместимы с эмульсиями и водными растворами СОТС и можно применять для очистки оборудования следующие средства:

технические моющие средства в виде 1—2%-х водных растворов — Лабомид-101, Лабомид-203, КМ-1, Аполир-К, ИМФ-1, Олинол-1, Вертолин-74, МС-6, МС-8, МС-15, ТМС-51, Полинка, МЛ-51, МЛ-72;

дезинфицирующие средства — бактерицидные присадки Ваэнн, Формацид-13, Азин-1, Азин-2 (0,3—0,5%-е растворы), фурацилин (0,01—0,02%-й раствор).

Для промывки металлообрабатывающего оборудования, в частности крупных централизованных фильтрующих систем подачи СОТС, разработаны специальные моюще-дезинфицирующие средства (МДС), например МДС-1 (ТУ 38 101974—84).

Периодичность очистки и дезинфекции систем приготовления и подачи СОТС зависит от объема систем, типа и свойств СОТС, условий их эксплуатации. Согласно ГОСТ 12.3.025—80 очистку емкостей для приготовления СОТС, трубопроводов и систем подачи следует проводить один раз в 6 мес для масляных и один раз в 3 мес для водных. Подготовленную систему циркуляции СОТС заполняют свежей жидкостью.

Большинство масляных СОТС поставляют готовыми к применению и перед заправкой в станок тщательно перемешивают. Некоторые масляные СОТС, например ЛЗ-СОЖ 2СИО, ЛЗ-СОЖ 2СО, ЛЗ-СОЖ 1ПО готовят на предприятиях-потребителях растворением концентратов ЛЗ-26СО (7 и 20%), ЛЗ-23ПО (20%) в минеральных маслах. Продукты МР-5У и МР-99, представляющие собой концентраты, перед употреблением разбавляют в минеральных маслах (индустриальных И-5А, И-12А, И-20А, И-25А по ГОСТ 20799—75 или масле веретенном АУ по ГОСТ 1642—75). Перемешивают концентраты и масляные СОТС на их основе вручную или с помощью мешалок, сжатого воздуха, инертного газа и др.

Водосмешиваемые СОТС готовят в два этапа, которые включают подготовку воды и смешение эмульсола или концентрата с водой. Вода для приготовления эмульсий и растворов водосмешиваемых СОТС должна отвечать нижеперечисленным требованиям:

отсутствие грубодисперсных примесей,
общая жесткость для большинства 2—7 мэкв/л,
pH 5,2—7,0,
температура 15—30 °С,

содержание хлоридов не более 30 мг/л — для растворов синтетических СОТС и 80 мг/л — для эмульсий,

содержание сульфатов 150—170 мг/л (для большинства),
содержание микроорганизмов не более $1 \cdot 10^2$ клеток на 1 мл.

На практике применяют следующие методы умягчения и деминерализации воды: термические, реагентные, ионного обмена и магнитные.

Для приготовления эмульсий и растворов СОТС может быть использована смесь парового конденсата с технической водой в соотношениях, обеспечивающих требуемую жесткость. Воду перед приготовлением СОТС дезинфицируют различными методами — хлорированием, озонированием, введением бактерицидов, радиационной, ультразвуковой, электрической и электрохимической обработкой, ультрафильтрацией. Подготовленную таким образом воду смешивают с тщательно перемешанным концентратом СОТС.

Свободные кислоты, содержащиеся в эмульсолах ЭТ-2, ЭГТ, РЗ-СОЖ, НГЛ-205, нейтрализуют во время приготовления эмульсий введением 0,2—0,3% карбоната натрия или 0,2% тринатрийфосфата. Для повышения антикоррозионных свойств эмульсий из этих эмульсолов в свежеприготовленную эмульсию добавляют до 0,3% нитрита натрия или 1% бензоата натрия. Для интенсификации смешения концентрата и воды применяют различные методы и оборудование — механические смесители с пропеллерными и турбинными мешалками, гомогенизаторы, коллоидные мельницы, гидродинамические вибраторы и др.

В приготовленные эмульсии, особенно при их эксплуатации в централизованных групповых и фильтрующих системах, рекомендуется вводить следующие бактерицидные присадки:

Наименование (концентрация, %)	Технические условия	Предприятие-изготовитель
Вазин (0,3)	ТУ 6 094735—80	Шосткинский завод химических реактивов
Формацид-13 (0,3)	ТУ 6 095064—83	То же
Азин-1 (0,3)	ТУ 6 095072—82	»
Азин-2 (0,3)	ТУ 6 095094—84	»
Фурацилин (0,01)	ГФ 10, ст. 295	ПО «Олайнфарм»

Свежеприготовленные эмульсии и растворы СОТС должны быть также проанализированы по физико-химическим показателям.

В процессе эксплуатации в той или иной мере качество их изменяется: ухудшаются технологические показатели металлообработки, появляется дым и туман, меняется внешний вид СОТС, ухудшаются защитные (антикоррозионные) свойства и др. Поэтому осуществляют текущий контроль и проводят корректировку в соответствии с ГОСТ 12 3025—80 для СОТС на масляной основе — не реже одного раза в месяц, для эмульсий — не реже одного раза в неделю, для синтетических и полусинтетических жидкостей — не реже одного раза в две недели. Показатели, методы контроля и нормы качества указаны в технических условиях на каждый продукт, включают и дополнительные показатели (концентрация, содержание микроорганизмов, «инородного» масла и др.).

Резервами повышения эффективности и экономии СОТС являются также их активация (ультразвуковая, электрическая, магнитная, термическая, ионизирующим излучением и др.) и рекуперация, заключающаяся в извлечении СОТС из стружки (центрифугированием, отстоем) и аэрозолей воздуха.

Отработанные масляные и водосмешиваемые СОТС можно использовать в качестве закалочных и консервационных сред, смазок литейных форм, форм в производстве железобетона и кирпича, основ для изготовления грунтовок, мастик, моющих растворов, составов для пропитки древесины и т. п.

При эксплуатации на машиностроительных предприятиях возможно вредное воздействие СОТС на организм человека — специфическое местное воздействие на кожный покров, раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и глаза, общее резорбтивное действие на организм. Поэтому применение СОТС должно в обязательном порядке сопровождаться профилактическими гигиеническими мероприятиями.

Глава 9
ПРИСАДКИ К МАСЛАМ

В связи с бурным развитием машиностроения к качеству смазочных материалов предъявляют довольно жесткие требования. Базовые масла не в состоянии обеспечить необходимый уровень эксплуатационных свойств смазочных масел, и это достигается только с помощью присадок. Присадки способствуют уменьшению износа и коррозии, образования нагара, лака и осадков и в то же время вызывают изменения физических свойств базовых масел. По действию на смазочные масла присадки подразделяют на следующие типы:

антиокислительные — повышают антиокислительную устойчивость масел,

антикоррозионные — защищают металлические поверхности от коррозионного воздействия кислотных и серосодержащих продуктов и влаги,

моюще-диспергирующие — способствуют снижению отложения продуктов окисления на металлических поверхностях,

противоизносные, противозадирные и антифрикционные — улучшают смазочные свойства масел,

депрессорные — понижают температуру застывания масел,

вязкостные — улучшают вязкостно-температурные свойства масел,

антипенные — предотвращают вспенивание масел.

Некоторые присадки улучшают одновременно несколько свойств смазочных масел, их называют многофункциональными. Все присадки должны хорошо растворяться в смазочных маслах и не должны давать осадков при транспортировании и хранении.

АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРИСАДКИ

При работе двигателей и механизмов смазочные масла находятся в контакте с воздухом, часто при повышенных температурах. В таких условиях и при каталитическом воздействии металлов смазочные масла окисляются. Образуются продукты кислотного характера, которые вызывают коррозию металлических деталей, и углеродистые отложения, которые нарушают нормальную работу механизмов. Процесс окисления смазочных масел предотвращают введением в их состав антиокислительных присадок. Эти ингибиторы действуют в двух направлениях — одни разрушают свободные радикалы (разрывают цепь), а другие взаимодействуют с пероксидами, образующимися в процессе окисления.

Самыми распространенными антиокислителями, действие которых направлено на разрыв цепи, являются соединения типа пространственно затрудненных фенолов и ароматических аминов различного строения. Будучи веществами активными, они легко отдают свой водород радикалам, переводя их в неактивное состояние. Эффективность фенольных антиокислителей значительно возрастает, если алкильные группы замещаются: две в *орто-* и одна в *пара*-положения, и еще более усиливается, если *орто*-заместителями являются третичные алкильные группы (например, трибутил), а *пара*-заместителем — первичная. Наиболее широко используют в маслах различного назначения 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенол [агидол-1, ионол и 4,4′-метиленбис(2,6-ди-*трет*-бутилфенил)]; второе соединение, обладая меньшей летучестью, более эффективно при повышенной температуре.

Антиокислители фенольного и аминного типов применяют в основном в индустриальных и энергетических маслах. В моторных маслах используют преимущественно дитиофосфаты металлов, антиокислительное действие которых основано на разрушении пероксидов. Получают дитиофосфаты реакцией спиртов или алкилфенолов с пентасульфидом фосфора (P_2S_5)

и последующей нейтрализацией дитиофосфорных кислот. Состав и строение дитиофосфатов определяют их эффективность. Дитиофосфаты, полученные при взаимодействии спиртов, обладают более высокой гидролитической стабильностью, чем полученные на алкилфенолах, но последние имеют более высокую термическую стабильность. Термическая стабильность диалкилдитиофосфатов возрастает с увеличением длины алкильной цепи; она выше также у диалкилдитиофосфатов, полученных на нормальных спиртах, чем на спиртах изостроения.

Антиокислители дитиофосфатного типа придают маслам также высокие противоизносные и антикоррозионные свойства, поэтому этим соединениям уделяют большое внимание и ассортимент их значителен.

Характеристики антиокислительных присадок приведены в табл. 9.1.

Присадка ДФ-11 (ОСТ 3801398—86) — 50%-й раствор в масле диалкилдитиофосфата цинка, полученного на основе изобутанола и 1-этилгексанола. Улучшает не только антиокислительные, но и противоизносные и антикоррозионные свойства смазочных масел. Применяют в маслах различного назначения в концентрации 1,0—2,5%.

Присадка ДФБ (ТУ 38 1011131—87) — концентрат диалкилдитиофосфата цинка, модифицированного бором в масле. Технология получения присадки позволяет получать ее с повышенным pH. Является термостабильной присадкой и обладает, помимо антиокислительных, антикоррозионных и противоизносных свойств, антифрикционным действием. Применяют в составе моторных масел в концентрации 1,0—2,2%.

Присадка ДФ-1 (ГОСТ 10644—77) — масляный раствор диалкилдитиофосфата бария, полученного на основе высокомолекулярных спиртов. Присадку вводят в состав моторного масла в концентрации 2%.

Основными стадиями процесса получения присадок ДФ-11 ДФБ и ДФ-1 являются обработка спиртов пентасульфидом фосфора, нейтрализация диалкилдитиофосфорных кислот, отделение механических примесей и отгонка растворителя.

Присадка ВНИИНП-354 (ТУ 38 101680—77) представляет собой раствор диалкилфенилдитиофосфата цинка в масле. Для производства присадки используют промышленный алкилфенол. Является термостабильным продуктом, обладает антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным действием. Вводят в состав моторных масел различного назначения в концентрации 2,0—2,2%.

Присадка ИХП-21 (ТУ 38 101724—82) является бариевой солью продукта конденсации алкилфенола с формальдегидом и аммиаком, обработанного P_2S_5. Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и противоизносные свойства, обладает

Таблица 9.1. Характеристики антиокислительных присадок

Показатель	ДФ-11	ДФБ**	ДФ-1	ВНИИНП-354	ИХП-21	МНИИП-22К	КАСП-13	«Борин»
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	5—10	5—10	⩽20	19—25	20—32	16—25	⩽400	⩽150
Степень чистоты, мг/100 г, не более	200	—	—	—	500	1000	800	600
Содержание, %, элементов:								
фосфора	4,4—4,9	4,5—5,7	⩾1,6	⩾2,3	⩾1,4	⩾1,7	0,6—1,6	—
серы	—	—	—	⩾4,5	⩾2,5	⩾5,0	1,2—1,8	—
цинка (бария)	4,7—5,6	5,4—6,2	(⩾3,8)	2,4	(⩾5,0)	—	—	
кальция (азота)	—	—	—	—	—	⩾4,0	—	(0,4—1,5)
механических примесей		⩽0,1	⩽0,08	⩽0,1	⩽0,1	⩽0,15	⩽0,08	⩽0,08
воды	Следы	Отсутствие	⩽0,06	Следы	⩽0,06	⩽0,10	⩽0,10	⩽0,15
Зольность сульфатная (оксидная), %	—	—	9,0—10,5	—	⩽11,0	(11—14)	⩽28,5	
pH в спиртобензольной или спиртотолуольной смеси, не менее	5,5	6,0	—	2,7	—	—	—	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	165	170	165	165	180	180	180	145
Показатели базового масла с присадкой*:								
концентрация присадки, %	1,2	1,2	3,5	2,0	2,4	4,5	2,5	5,0
коррозионность, г/м², не более	5	5	5	5	5	1,0	5	—
термоокислительная стабильность при 250 °С, мин, не менее	—	—	32	50	70	60	70	30
моющие свойства по ПЗВ, балл, не более	—	—	1,5	—	—	1,0	1,0	—
Смазывающие свойства***, $D_и$, мм, не более	0,5	0,5	0,7	—	—	—	—	—

* Нормируют также: для КАСП-1 стабильность по ИПО при концентрации присадки 1 % — не менее 10 г.
** В присадке ДФБ присутствует бор.
*** Определяются для базового масла с присадкой на ЧШМ при осевой нагрузке 2 МПа, при 20±5 °С в течение 1 ч.

высокой термоокислительной стабильностью. Применяют в моторных маслах М8В и М-16ИХП-3 в концентрации 2,4—2,6%.

Присадка МНИИП-22К (ГОСТ 9832—77) — кальциевая соль производной диалкиларилдитиофосфорной кислоты; последнюю получают обработкой алкилфенола монохлоридом серы с последующим взаимодействием бис(алкилфенол)дисульфида с P_2S_5. Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и моющие свойства моторных масел, предназначенных для применения в транспортных дизелях. Вводят в состав масел в концентрации 4,0—4,6%.

Присадка КАСП-13 (ТУ 38 101831—85) представляет собой 50—60%-й раствор бариевой соли производных салициловых и алкиларилдитиофосфорных кислот в масле И-12А. Улучшает антиокислительные, антикоррозионные и противоизносные свойства масел.

Присадка «Борин» (ТУ 38 1011003—84) — 50%-й раствор модифицированного основания Манниха, полученного конденсацией алкилфенолов гексаметилентетрамином или аммиаком и формальдегидом в масле. Улучшает антиокислительные свойства минеральных масел.

Присадка ДБК антиокислительная дибутил-*п*-крезол (ГОСТ 10894—76), известна также под названием 2,6-ди-*трет*-бутил-*п*-крезол, агидол-1, ионол и др. Выпускают присадку двух марок, применяют для повышения антиокислительных свойств масел различного назначения. Характеристика присадки дана в главе 1 (см. табл. 1.4).

Агидол-2 (НГ-2246) (ТУ 38 101617—80) представляет собой продукт формальдегидной конденсации *о*-*трет*-бутил-*п*-крезола, полученного для марки А алкилированием *п*-крезола изобутиленом, для марки Б — деалкилированием или переалкилирова-

нием ионола. Используют для стабилизации масел, смазок, каучуков и других продуктов. Выпускают двух марок: марка А высшей категории качества и марка Б. Характеристика присадки Агидол-2 приведена ниже:

	Марка А	Марка Б
Внешний вид	Порошок белого цвета	
Температура начала плавления, °C	≥128	126—128
Зольность, %, не более	0,1	0,1
Содержание основного вещества, %, не менее	99,6	—

МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИЕ ПРИСАДКИ

Для уменьшения образования углеродистых отложений и осадков в двигателях и механизмах широкое применение нашли моющие (детергентные) и диспергирующие присадки.

Моющие присадки

Соединения, обладающие детергентным действием, содержат в своей молекуле полярные группы, которые препятствуют оседанию смолистых и углеродистых веществ на металлических поверхностях и предупреждают тем самым образование лаков и отложений. Кроме того, детергенты могут вступать в химическое взаимодействие с промежуточными продуктами окисления кислотного характера, проявляя при этом нейтрализующее действие. В качестве детергентных присадок используют соли сульфокислот, алкилсалициловых, фосфиновых, фосфоновых и других кислот, а также алкилфеноляты различного строения.

Сульфонатные присадки (табл. 9.2)

Сульфонатные присадки являются основным типом детергентно-диспергирующих присадок, их вводят в большинство моторных масел, вырабатываемых промышленностью. Они являются продуктами нейтрализации сульфокислот металлическими основаниями или оксидами

$$RSO_3H + MOH \text{ (или MO)} \longrightarrow RSO_3M + H_2O,$$

где R — радикал углеводорода молекулярной массой ≥350, что должно обеспечить растворимость сульфонатных присадок в смазочных маслах. Основным показателем сульфонатных присадок, характеризующих их свойства, является содержание активного вещества — сульфоната металлов (не менее 28%).

Сульфонаты выпускают на основе нефтяного и синтетического сырья. Нефтяные сульфонаты вначале были побочными продуктами обработки нефтяных фракций серной кислотой в производстве белых масел. Когда потребность в моющих присадках возросла, сульфонаты стали целевыми продуктами.

В качестве нефтяного сырья применяют как дистиллятные, так и остаточные фракции масел селективной очистки или смеси этих фракций. Синтетические сульфонаты в течение многих лет получали из остатков перегонки додецилбензола, а в последние годы используют высококипящие алкилбензолы, алкилнафталины и полиолефины, специально приготовленные. Сульфирующими агентами являются олеум, серная кислота, газообразный триоксид серы, триоксид серы в растворителях.

Большинство сульфонатных присадок представляют собой соли бария, кальция или магния. При современной тенденции к применению масел с более низким содержанием золы магний становится все более популярным, хотя с точки зрения экономики предпочитают использовать кальций. В зависимости от содержания металла различают нейтральные, средне- и высокощелочные сульфонатные присадки. Нейтральные сульфонаты представляют собой коллоидный раствор сульфоната в минеральном масле. Средне- и высокощелочные сульфонаты содержат дисперсию карбонатов, оксидов и гидроксидов металлов, стабилизированную коллоидной структурой сульфоната. Среднещелочные сульфонаты кальция имеют щелочное число 70...150 мг КОН/г, высокощелочные — ≈300 мг КОН/г; содержание металла в них соответственно в 5 и 10 раз выше стехиометрического.

Присадка ПМС (ТУ 38 101334—73) — многозольный сульфонат кальция, полученный на основе сульфокислот масляных фракций. Сырьем для изготовления служит базовое масло ДС-14 из смесей различных сернистых нефтей*. Придает маслам моющие свойства; применяют в моторных маслах различного назначения в концентрации 2,2...18,0%.

Присадка С-150 (ТУ 38 101685—84) — коллоидная дисперсия карбоната кальция в масле И-20А, стабилизированная сульфонатом кальция. Изготавливают высшей и первой категории качества. Улучшает моющие и нейтрализующие свойства моторных масел; добавляется в концентрации от 1,5 до 5,0%.

Присадка С-300 (ТУ 38 101444—76) — высокощелочная сульфонатная присадка, представляющая собой коллоидный 20—25%-й раствор карбоната кальция в масле-разбавителе, содержащем 28—30% сульфоната кальция. Используют в моторных маслах для смазывания судовых дизелей в концентрации до 22%.

Присадка ПМСя (бариевая) (ТУ 38 101574—75) является 40—45%-м раствором сульфоната бария в масле-разбавителе. Исходным сырьем служат маслорастворимые сульфокислоты,

* Взамен присадки ПМС с 1989 г. организовано производство присадки КНД (ТУ 38 401623—87).

Таблица 9.2. Характеристики сульфонатных присадок

Показатель	ПМС	КНД	С-150	С-300	ПМСя бариевая	ПМСя кальциевая	СБ-3	СБ-3у	НСК	НСВ
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	≤45	≤80	≤60	≤160	≤40	20—32	13—16	13—18	≤100	≤60
Содержание, %:										
кальция (бария)	≤3,0	≤4,0		11,5—14,0	(≥12)	4,5—6,0	(≥3,7)	(≥3,3)	—	(≥5,0)
сульфоната металла, не менее	18	28	28	28	23	26	12	10	38—45	30—35
механических примесей, не более	0,10	0,08	0,08	0,10	0,05	0,03	0,12	0,10	0,10	0,10
воды, не более	0,10	0,12	0,12	0,20	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,20
Зольность сульфатная, %	≥11	—	17—24		21	16—20	6—8	5,0—6,6	≥4,5	9—18
Общая щелочность, мг КОН/г	70—85	120—150	120—150	280—310	≥65	100—130	10—20	10—13	≤30	≤30
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	185	180	190	165	165	210	200	180	175
Степень чистоты, мг/100 г, не более	2500	—	2600	5000	500	500	700	650	—	—

Примечания.
1. Для присадок ПМСя — стабильность по ИПО в базовом масле М-11 (50 ч) — выдерживает.
2. Показатели базового масла с 10% присадок СБ-3 и СБ-3у соответственно: коррозионность — не более 3 и 5 г/м², моющие свойства по ПЗВ — не более 0,5 балла.

получаемые при выработке белых масел. Применяют в моторном масле М-14ГБ в концентрации 3,2%.

Присадка ПМСя (кальциевая) (ОСТ 38 01413—86) — кальциевая соль нефтяных сульфокислот; имеет щелочное число 65—80 мг КОН/г и содержит 23—25% сульфоната бария. Сырьем для получения присадки являются сульфокислоты, получаемые в качестве побочных продуктов при производстве белых масел. Используют в моторных маслах различного назначения в концентрации 1,5—5,0%.

Присадки СБ-3 (ГОСТ 10534—78) и **СБ-3у** (ОСТ 38 01287—82) являются нейтральными сульфонатами бария. Получают сульфированием базового дистиллятного масла селективной очистки газообразным триоксидом серы с последующим отстоем кислого гудрона н нейтрализацией полученного сульфированного масла гидроксидом бария. Применяют для улучшения моющих свойств моторных масел в концентрации 2—3%.

Присадка НСК (ТУ 38 401539—86) представляет собой раствор нейтрального сульфоната кальция в масле. Получают на основе глубокоочищенных масляных фракций из западносибирских нефтей. Вырабатывают с активным веществом НСК-2 и содержанием 38—45% сульфоната кальция. Присадка предназначена для улучшения моющих свойств моторных масел групп Г и Д, рекомендуемая концентрация — 8...13%.

Алкилфенольные присадки (табл. 9.3)

В большую группу моющих присадок входят соли алкилфенолов, алкилфенолсульфидов и продуктов конденсации алкилфенолов с альдегидами. Чтобы присадки этой группы были

растворимыми в маслах, их олеофильная часть должна содержать не менее 8 атомов углерода.

Наиболее распространены алкилфеноляты кальция и бария, их получают взаимодействием замещенных фенолов и оксидов (или гидроксидов) металлов. Присадки с повышенной щелочностью получают введением в их состав карбоната щелочноземельного металла, при этом образуется система из алкилфенолята и дисперсии карбоната металла.

Алкилфенольные присадки — самые массовые присадки, что обусловлено широким спектром их эксплуатационных свойств и доступностью исходного сырья. Разнообразие эксплуатационных свойств присадок достигается введением в их состав различных функциональных групп. При введении серы снижается агрессивность смазочных масел по отношению к металлам подшипников, а наличие метиленовых групп способствует повышению стойкости к окислению; присадки с повышенной щелочностью (высокощелочные) способствуют повышению нейтрализующих свойств.

Помимо моющего действия алкилфенольные присадки могут обладать антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным действием.

Присадка ЦИАТИМ-339 (ТУ 38 101917—82) является дисульфидалкилфенолятом бария, полученым взаимодействием алкилфенола с монохлоридом серы и дальнейшей нейтрализацией гидроксидом бария. Улучшает моющие и антикоррозионные свойства моторных масел; применяют в концентрацин 3—6%.

Присадка ВНИИНП-360 (ГОСТ 9899—78) — продукт взаимодействия двух соединений — алкилфенолята бария (ВНИИНП-

Таблица 9.3. Характеристики алкилфенольных присадок

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ЦИАТИМ-339	ВНИИНП-360	ВНИИНП-370	ВНИИНП-371	БФКу	ИХП-101
Вязкость кинематическая при 100 °C, мм²/с	15—25	13—20	30—50	20—60	120—150	40—70
Зольность, %	9,0—11,0	13,5—17,0	7,0	≥12,0	≤15,3	11,5—14,0
Содержание элементов, %:						
бария (кальция)	≥5,0	≥7,8	(≥2,0)	≥7,0	≥8,2	≥6,5
цинка	—	≥0,6		—	—	—
фосфора	—	≥0,8		—	—	—
серы	4,0—5,5	≥1,4	—	—	—	—
хлора, не более	≤0,2	—	—	—	—	—
механических примесей	≤0,1	≤0,08	≤0,05	≤0,15	≤0,1	≤0,16
воды	≤0,08	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,2	≤0,1
Степень чистоты, мг/100 г	800	500	1300	—	320	520
Щелочное число, кг КОН/г, не менее	30	50	35	40	65	59
Цвет (разбавление), ед. ЦНТ, не более	7 (3:97)	6 (15:85)	—	—	—	—
Температура вспышки в открытом тигле, °C, не ниже	—	150	150	165	157	165
Показатели базового масла с присадкой:						
концентрация присадки, %	3	5	5	10	8	10
коррозионность, г/м², не более	15	8,0	5,0	—	20	18
моющие свойства по ПЗВ, балл, не более	1,5	1,0	1,0	[*]	0,5	0,5

350) и диалкилфенилдитиофосфата цинка (ВНИИНП-354) в соотношении 2,5:1,0. Обладает моющими, антикоррозионными и противоизносными свойствами; вводят во многие моторные масла различного назначения в концентрации 3,5—6,0%.

Разработана присадка *ВНИИНП-360А*, улучшенного качества, которая превосходит присадку ВНИИНП-360 по содержанию бария, цинка, серы и по щелочности, что позволило повысить ее эксплуатационные свойства.

Присадка **ВНИИНП-370** (ГОСТ 12262—76) относится к алкилфенольным присадкам формальдегидной конденсации. Представляет собой раствор в минеральном масле кальциевой соли продуктов алкилфенолоформальдегидной конденсации. Обладает моющими и антикоррозионными свойствами, применяют в моторных маслах для дизелей в концентрации 5—15%.

Присадка **ВНИИНП-371** (ТУ 38 101944—85) представляет собой масляный раствор бариевой соли продуктов конденсации алкилфенола с формальдегидом. Используют в трансмиссионном масле ТСз-9гип в концентрации 2%.

Присадки **БФКу** (ОСТ 38 01306—83) и **ИХП-101** являются бариевыми солями продуктов конденсации алкилфенолов с формальдегидом в кислой среде. Применяют в моторных маслах в концентрации от 6 до 10%. При получении присадки ИХП-101 достигается бóльшая глубина нейтрализации, чем при изготовлении присадки БФКу, поэтому содержание активных элементов в присадке ИХП-101 выше. Выпускают присадку ИХП-101 в виде 50%-го концентрата в минеральном масле.

Алкилсалицилатные присадки (табл. 9.4)

Алкилсалицилатные присадки, обладая высокими моющими свойствами, придают маслам и антиокислительные свойства; они стойки к пресной и морской воде. Вырабатывают эти присадки в небольших объемах из-за сложности технологии и высокой стоимости. Они обеспечивают высокие детергентные и антиокислительные свойства масел при повышенных температурах, поэтому их используют в маслах для карбюраторных двигателей и форсированных дизелей. Алкилсалицилатные присадки представляют собой соли алкилсалициловых кислот; исходным сырьем для их производства служит алкилфенол, получаемый алкилированием фенола α-олефинами.

Присадка **АСК** (ОСТ 38 01243—81) — 50%-й концентрат алкилсалицилата кальция в минеральном масле. Основные стадии производства присадки: получение алкилфенолята натрия, карбоксилирование, получение алкилсалициловых кислот и нейтрализация гидроксидом кальция с последующим отделением механических примесей и отгоном растворителя. Присадка в концентрации ≥0,5% обеспечивает моторным маслам высокие антиокислительные свойства.

Таблица 9.4. Характеристики алкилсалицилатных присадок

Показатель	АСК	МАСК	АСБ
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	20—26	14—22	14—22
Содержание, %:			
алкилсалицилата кальция, не менее	—	25	—
свободного алкилфенола, не более	20	20	20
механических примесей, не более	—	0,08	0,08
воды, не более	0,08	0,10	0,08
Зольность сульфатная, %	6—7	13—17	10,5—12,0
Общая щелочность, мг КОН/г	50—60	110—140	46—54
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	185	190	185
Степень чистоты, мг/100 г, не более	—	800	100
Показатели базового масла с присадкой*:			
концентрация присадки, %	10	10	—
термоокислительная стабильность по методу Папок при 250 °С, мин, не менее	50	70	—

* Нормируется также для МАСК стабильность ИПО при концентрации присадки 10% — не менее 50 и коксуемость на плите масла М-20С с 25% присадки при температуре 315 °С в баллах, не более 1.

Присадка МАСК (ОСТ 38 01100—76) является 50%-м раствором алкилсалицилата кальция в масле, содержит дополнительно карбонат и гидроксид кальция. При получении присадки алкилсалициловые кислоты подвергаются обработке газообразным диоксидом углерода в присутствии промотора и избыточного (против стехиометрии) количества гидроксида кальция. Присадка обладает моющим, нейтрализующим и антиокислительным действием. Применяют в моторных маслах различного назначения в концентрации 3,8—14%.

Присадка АСБ (ТУ 38 101422—77) — 50%-й раствор алкилсалицилата бария в масле с 20—25%-м избытком щелочи. При получении присадки алкилсалициловые кислоты нейтрализуют гидроксидом бария. Применяют в композиции с другими присадками для улучшения детергентных свойств моторных масел М-14ГБ и М-10ДК.

Допущены к применению присадки **Детерсол-50** (ТУ 38 1011091—87) и **Детерсол-140** (ТУ 38 1011090—88) — аналоги присадок АСК и МАСК соответственно.

Соли фосфорных кислот

За последние годы среди моющих присадок на основе фосфора важное промышленное значение приобрели и бариевые и кальциевые соли, получаемые из продуктов взаимодействия

сульфидов фосфора с углеводородами, главным образом полиолефинами. При этом получают как нейтральные, так и продукты высокой щелочности. Присадки тиофосфонатного типа отличаются от указанных выше моющих и антиокислительных присадок высоким уровнем эксплуатационных свойств в широком интервале температур.

Диспергирующие присадки

Присадки этого типа отличаются от металлсодержащих способностью диспергировать и поддерживать во взвешенном состоянии твердые частицы. При их применении в маслах уменьшается нагарообразование и образование низкотемпературных отложений (поэтому их называют беззольные диспергирующие присадки). Особенностью строения присадок является наличие в их молекулах олеофильной части — длинного углеводородного радикала, обеспечивающего растворимость присадки в масле, и полярной части — остатка полиалкиленполиамина или сложно-эфирной группировки. К беззольным диспергирующим присадкам относятся сукцинимиды, высокомолекулярные основания Манниха, алкенилированные полиамины, полиэфиры и др. Наибольшее применение находят сукцинимиды и высокомолекулярные основания Манниха.

Сукцинимидные присадки получают преимущественно конденсацией полиолефинов (молекулярной массы 800—1200) или их галогенопроизводных с малеиновым ангидридом и дальнейшей обработкой полученных производных янтарного ангидрида аминами различного состава и строения, но предпочтение отдано полиалкиленполиаминам.

Высокомолекулярные основания Манниха получают конденсацией алкилзамещенного фенола, большой молекулярной массы, алкиленполиамина и альдегида, например формальдегида.

Беззольные диспергирующие присадки позволяют не только устранять шламы, образующиеся при низкотемпературных режимах работы двигателей, но и снизить концентрацию зольных детергентно-диспергирующих присадок.

Характеристики беззольных диспергирующих присадок приведены в табл. 9.5.

Присадка сукцинимидная С-5А (ТУ 38 101146—77) является имидопроизводным янтарной кислоты. Представляет собой 40—50%-й концентрат алкенилсукцинимида в масле и непрореагировавшем полибутене. Синтез присадки включает две основные стадии: получение алкенилянтарного ангидрида взаимодействием полибутена с малеиновым ангидридом, синтез алкенилсукцинимида из алкенилянтарного ангидрида и полиамина. Присадка обладает высокими диспергирующими свойствами, хорошей растворимостью в маслах, обусловленной на-

Таблица 9.5. Характеристики беззольных диспергирующих присадок

Показатель	С-5А	«Днепрол», категории качества	
		высшей	первой
Вязкость кинематическая, при 100 °С, мм²/с	150—300	150—300	150—400
Содержание, %:			
азота, не менее	1,4	1,0	1,0
активного вещества, не менее	40	40	36
свободных полиаминов, не более	0,8	—	—
бора, не менее	—	0,15	0,15
механических примесей, не более	0,06	0,06	0,08
воды, не более	0,1	0,1	0,1
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	20,0	17,0	16,0
Кислотное число, мг КОН/г, не более	4,0	—	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	160	182	182
Степень чистоты, мг/100 г, не более	400	400	400
Цвет (разбавление 15 : 85), ед. ЦНТ, не более	6	7	7
Показатели базового масла с 1,2% ДФ-11*:			
концентрация присадки, %	1,5	—	—
коррозионность, г/м², не более	10	—	—
моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	—	—

* Нормируется также ИПО базового масла И-20А с 1,5% присадки «Днепрол» не более 8 ч и диспергирующая способность присадки «Днепрол» — не менее 60 ед. ДС.

личием высокомолекулярного углеводородного радикала с удовлетворительной нейтрализующей способностью, вызванной присутствием аминных групп.

Присадка «Днепрол» (ТУ 38 УССР 201348—84) является производной алкилфенола, замещенного в *орто*-положении, и представляет собой высокомолекулярное основание Манниха, модифицированное борной кислотой. Вырабатывают присадки высшей и первой категории качества. Присадка «Днепрол» более термостабильна, чем присадка С-5А, и рекомендуется к применению в маслах, работающих при повышенных температурах в концентрации 2—3%.

ПРИСАДКИ, УЛУЧШАЮЩИЕ СМАЗЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ

Для улучшения смазывающей способности масел и обеспечения нормальной работы современных тяжелонагруженных двигателей и механизмов применяют противозадирные, противоизносные и антифрикционные присадки. Противоизносные присадки предотвращают интенсивный износ трущихся поверхностей при умеренных нагрузках, противозадирные — предотвращают заедание при сверхвысоких нагрузках, повышая критическую нагрузку заедания, а антифрикционные снижают или стабилизируют коэффициент трения.

В качестве противоизносных и противозадирных присадок для моторных масел используют производные дитиофосфорных кислот и осерненные углеводороды, для трансмиссионных и индустриальных масел — композиции серофосфоразотсодержащих присадок. В качестве антифрикционных присадок применяют различные беззольные полярно-активные соединения, маслорастворимые молибден- и борсодержащие продукты, а также неорганические дисперсии, содержащие Mo, B, графит и др. В отечественной практике в настоящее время в моторных маслах в качестве противоизносных присадок применяют присадки ДФ-11, ДФ-1, ВНИИНП-354, ДФБ и МНИИП-22К (описание их приведено в разделе «Антиокислительные присадки»).

Характеристики присадок, улучшающих смазывающие свойства масел, представлены в табл. 9.6.

Присадки ЭФО (ГОСТ 14625—78) — цинкобарневая соль изобутилового эфира арилдитиофосфоновой кислоты. Применяют в качестве противоизносной присадки к тракторным трансмиссионным маслам. Обладает также антиокислительным и депрессорным действием, вводят в масла в концентрации 5—6%.

Присадка АДТФ (ТУ 38 101105—84) является 50%-м раствором смеси аминной соли и амида диалкилдитиофосфорной кислоты в масле. Улучшает антифрикционные и противоизносные свойства трансмиссионных и индустриальных масел. Вырабатывают присадки высшей категории качества.

Присадка ЛЗ-309/2 (ТУ 38 101748—78) серохлорфосфорсодержащее соединение, представляющее собой триэфир дитиофосфорной кислоты. Улучшает противоизносные свойства трансмиссионного масла ТСз-9 гип.

Присадка ВИР-1 (ТУ 38 101799—83) — многокомпонентная, хорошо сбалансированная серофосфоразотсодержащая присадка. Защищает трансмиссии от повреждений в условиях высоких нагрузок и скоростей, обладает высокими антиокислительными и антифрикционными свойствами. Трансмиссионные масла с присадкой ВИР-1 по уровню смазывающих свойств удовлетворяют требованиям к маслам различных серий, включая ТМ-4 и ТМ-5. Применяют в концентрации 4,0—6,5% в трансмиссионных маслах и 2,0—3,5% — в индустриальных маслах.

Присадка ОТП (ОСТ 38 018—81) — продукт осернения фракции 160—250 °С полимеров олефинов C_3—C_5; является эффективной противозадирной присадкой. Повышает эксплуатационные свойства трансмиссионных масел и снижает их расход; вводят в концентрации 6—9%.

Присадка АБЭС (ТУ 38 101327—77) представляет собой бис(алкилбензилтио)этан. Предназначена для улучшения противозадирных свойств индустриальных и трансмиссионных масел.

Присадка ЛЗ-23К (ГОСТ 11883—77) — продукт взаимодействия изопропилксантогената калия с дихлорэтаном. Улучшает противозадирные свойства моторных масел в концентрации 0,5% и трансмиссионных масел в концентрации 5—6%.

Присадка КИНХ-2 (ТУ 38 101980—84) представляет собой полисульфидированный изобутен, получают хлорсульфидированием изобутена монохлоридом серы и последующей обработкой продукта реакции сульфидом натрия. Улучшает противозадирные свойства смазочных материалов. Вырабатывают присадку высшей категории качества.

Присадка ИХП-14А (ТУ 38 АзССР 20278—81) представляет собой производное диалкилдитиокарбамата. Улучшает противозадирные свойства смазочных масел, в сочетании с другими присадками можно использовать в составе трансмиссионных масел серии ТМ-5.

Присадка БМА-5 (ТУ 38 101150—88) беззольная противоизносная присадка, представляющая собой тиоэфир диалкилдитиофосфорной кислоты. Применяют в составе моторных масел.

ДЕПРЕССОРНЫЕ ПРИСАДКИ

Способность масел сохранять подвижность при пониженных температурах определяется их химическим составом. Наличие высококипящих веществ, в первую очередь парафиновых углеводородов с прямой цепью, обусловливает застывание масел при понижении температуры. Подвижность масла теряется из-за образования кристаллической структуры твердых углеводородов масла. Понизить температуру застывания масел наряду с удалением высокоплавких углеводородов технологическими приемами можно введением в масла депрессорных присадок.

При этом снижение температуры достигается за счет модифицирования кристаллической структуры твердых углеводородов с сохранением подвижности масла.

Депрессорный эффект, оцениваемый разностью температур застывания масла без добавления и с добавлением депрессорной присадки, зависит как от химического состава масла, так и характера депрессатора. В качестве таких присадок применяют органические соединения, имеющие в своем составе алкильные цепи прямолинейного строения и определенной длины. К ним относятся продукты алкилирования фенолов и нафтали-

Таблица 9.6. Характеристики противоизносных и противозадирных присадок

Показатель	ЭФО	АДТФ	ЛЗ-309/2	ВИР-1	ОТП	АБЭС	ЛЗ-23К	КИНХ-2	ИХП-14А	БМА-5
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	≤50	—	≥1,8	≤30	4,5—6,0	—	—	8—16	2,6±0,5 (50 °С)	1—3
Содержание, %:										
фосфора	≥1,4	≥3,3	≥6,0	≥1,5	—	—	—	—	—	≥7,5
серы	—	—	≥12,0	≥29	≥20	≥19	38—43	≥42	32—34	—
хлора (азота)	—	(≥2,0)	≥26	(≥0,75)	—	≤0,1	≤0,2	≤0,8	(7,0—7,4)	—
механических примесей	≤0,15	≤0,08	≤0,10	≤0,05	≤0,05	≤0,05	≤0,1	≤0,08	≤0,05	≤0,05
воды	Следы	Отсутствие	Следы	Следы	Отсутствие			≤0,03	Следы	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	3,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	≤5
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	180	100	—	110	100	150	—	120		140
Показатели базового масла с присадкой:										
концентрация присадки, %	5,0	0,25	—	6,5	6,0	—	5,0	4,5	5,0	1,1
смазывающие свойства на ЧШМ:										
$P_к$, Н, не менее	—	—	—	1190	872	—	823	1120	1240	—
$P_с$, Н, не менее	—	—	—	4000	3920	—	2764	5000	3920	—
$И_з$, не менее	—	—	—	58	52	—	50	70	62	—
$D_и$ (196 Н), мм, не более	0,4	0,6	—	0,5	—	—	0,9	—	0,5	0,6

Примечания.

1. Для присадки ЛЗ-23К: температура плавления не ниже 41 °С, для ИХП-14А, температура застывания не выше минус 50 °С.
2. Нормируется коррозия медных пластинок базового масла с присадками ЭФО, ВИР-1, ОТП, АБЭС, ЛЗ-23К не более 2С, с присадкой КИНХ-2 — не более 2В; коррозия присадки ИХП-14А — не более 2С — определяется при добавлении к базовому маслу также присадок: 1,8% ПМА-Д+1,5% ДФ-11+0,003% ПМС-200А.

Таблица 9.7. Характеристики депрессорных присадок

Показатель	Депрессатор АзНИИ	АзНИИ — ЦИАТИМ-1	АФК	ПМА «Д»
Внешний вид	Жидкость темно-коричневого цвета			Прозрачная вязкая жидкость
Вязкость кинематическая при 50 (100 °С), мм²/с	—	(32—60)	(≥8,5)	750—1300
Содержание, %:				
барня	—	≥2,0	—	—
серы	—	3,0—4,5	—	—
хлора	—	≤2,0	≤1,6	—
золы	≤0,09	4,0—5,5	0,6—1,0	—
механических примесей	≤0,08	≤0,15	≤0,15	—
воды	Отсутствие	≤0,2	≤0,15	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	220	160	—	165
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,5	0,3	—

Примечания. Нормируют также: для присадки ПМА «Д» содержание активного вещества 30—40%; нерастворимых в толуоле примесей <0,07%; для присадки АзНИИ содержание водорастворимых кислот и щелочей — отсутствие.

Снижение температуры застывания для присадки: АзНИИ при концентрации 0,1% в масле АК-15 не менее 10 °С. АФК при концентрации 1% в масле И-40А не менее 15 °С. Температура застывания масла И-20А (с исходной температурой застывания не выше минус 15 °С) при добавлении 0,5% (100%-й) присадки ПМА «Д» не выше минус 38 °С.

нов хлорированным парафином, а также полимерные продукты, в частности полимеры эфиров метакриловой кислоты.

Характеристики депрессорных присадок приведены в табл. 9.7.

Депрессатор АзНИИ (ОСТ 38176—74) высшей категории качества — продукт алкилирования нафталина хлорированным парафином в присутствии хлорида алюминия (предполагается, что при алкилировании образуется, как основной продукт, диалкилнафталин). Применяют в моторных, трансмиссионных и гидравлических маслах в концентрациях до 0,5%.

Присадка АзНИИ — ЦИАТИМ-1 (ГОСТ 7189—54) — продукт взаимодействия сульфида алкилфенола с гидроксидом бария (алкилфенол получают алкилированием фенола хлорированным парафином в присутствии хлорида алюминия). Добавляют в качестве депрессорной присадки к моторным и трансмиссионным маслам в концентрации 1%.

Присадка АФК (ГОСТ 12261—66) — продукт взаимодействия алкилфенола (такого же, как используемый для присадки АзНИИ — ЦИАТИМ-1) с гидроксидом кальция. Применяют аналогично присадке АзНИИ — ЦИАТИМ-1.

Присадка ПМА «Д» (ТУ 6-01-270—84) высшей категории качества — 30—40%-й раствор в масле И-20А полимеров эфиров метакриловой кислоты и синтетических жирных первичных спиртов типа «Альфол» фракции C_{12}—C_{18}. Как депрессатор используют в моторных, трансмиссионных, гидравлических и других маслах в концентрации до 1%. Присадка обладает также загущающими свойствами, ее применяют в широком ассортименте масел для повышения вязкости и индекса вязкости.

ВЯЗКОСТНЫЕ ПРИСАДКИ

Вязкостные, или загущающие присадки предназначены для повышения вязкости и индекса вязкости масел. При их добавлении к маловязкой основе получают масла, обладающие пологой вязкостно-температурной кривой, с хорошей прокачиваемостью при низких температурах. С использованием вязкостных присадок получают всесезонные, северные и арктические масла. Присадки этого типа, наряду с присадками, улучшающими смазывающие свойства масел, позволяют создавать смазочные масла, обеспечивающие меньший расход топлив в двигателях. В качестве вязкостных присадок используют различные полимерные и сополимерные продукты: полиизобутены, полиметакрилаты, поливинилалкиловые эфиры, сополимеры олефинов, стиролдиеновые сополимеры.

Характеристики вязкостных присадок приведены в таблице 9.8.

Присадки КП-5, КП-10, КП-20 (ТУ 38101209—72) получают полимеризацией изобутена в присутствии хлорида алюминия при низких (до —35 °С) температурах; основой является полиизобутен в масляных растворах. *Присадка КП-5* — раствор полиизобутена средней молекулярной массы 4000—6000 в трансформаторном масле; *присадка КП-10* — раствор полиизобутена средней молекулярной массы 9000—15000 в масле И-12А; *присадка КП-20* — раствор полиизобутена средней молекулярной массы 15000—25000 в масле И-12А.

Применяют в концентрациях от (2—3) до 20% (масс.) при получении загущенных моторных, индустриальных, редукторных масел и гидравлических жидкостей.

Присадки ПМА «В-1», ПМА «В-2» представляют собой масляные растворы полимеров эфиров метакриловой кислоты и смеси синтетических первичных жирных спиртов фракции C_7—C_{12} (ПМА «В-1») или спиртов фракции C_8—C_{10} (ПМА «В-2»).

Присадка ПМА «В-1» (ТУ 6-01-979—84) — 58—65%-й раствор полиметакрилатов в масле МС-8. Применяют в моторных, трансмиссионных, гидравлических маслах в концентрациях до 18%. Обладает высокой стабильностью к механической деструкции и умеренной загущающей способностью в связи со сравнительно небольшой условной молекулярной массой.

Присадка ПМА «В-2» (ТУ 6-01-692—77), высшей категории качества — 30—35%-й раствор полиметакрилатов в масле И-20А. Применяют в моторных маслах и рабочих жидкостях для гидравлических систем в концентрации до 6%. Обладает лучшей, по сравнению с присадкой ПМА «В-1», загущающей способностью, но уступает ей по стабильности и механической деструкции.

Присадка ВИНИПОЛ ВБ-2 (ТУ 6-01-744—77) представляет собой полимер винил-*н*-бутилового эфира и предназначен в качестве загущающей присадки в производстве гидравлических, компрессорных и других масел.

Присадка ИХП-234 (ТУ 38 001303—78) — 20—25%-й раствор в масле И-12А кальциевой соли сульфированного полиизобутена КП-10. Загущающая многофункциональная присадка, предназначена для создания всесезонных моторных, гидравлических и других масел.

Присадка Атапол (ТУ 38 101996—84) представляет собой 30%-й концентрат атактического полипропилена в масле И-20А. Предназначена для получения загущенных моторных, трансмиссионных, индустриальных и других минеральных масел, а также для улучшения вязкостно-температурных свойств дистиллятных и остаточных масел.

Таблица 9.8. Характеристики вязкостных присадок

Показатель	КП-5	КП-10	КП-20	ПМА «В-1»	ПМА «В-2»	ВИНИПОЛ ВБ-2	ИХП-234	Атапол
Внешний вид	—	—	—	Прозрачная вязкая жидкость		Прозрачный однородный продукт от светло-желтого до желтого цвета	—	—
Вязкость кинематическая при 100 °С (50 °С), мм²/с	≤1000	≤1000	≤1000	200—300	(1100—1700)	≥6*	≤200	250—1000
Содержание, %:								
активного вещества	≥65	≥30	≥25	58—65	30—35	—	≥20	≥30
механических примесей	≤0,30	≤0,10	≤0,10	≤0,10	≤0,07	≤0,07	≤0,10	—
воды	—	—	—	Отсутствие		—	—	—
золы	≤0,2	≤0,08	≤0,08	—	—	—	—	≤0,08
Условная молекулярная масса	4000—6000	9000—15000	15000—2500	3000—4300	12000—17000	—	—	7000—16000
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	150	165	165	155	160	180	165	165
Загущающая способность по отношению к масляной основе в пересчете на 5%-й раствор присадки, мм²/с	—	3,5—8,5	8,5—15	—	—	—	2,0—4,0	4,5—8,0

* 20%-й раствор в бензоле при 20 °С.

Примечание. Нормируются также: загущающая способность 1%-го раствора в присадке ИХП-234 5—9%.

присадки ВИНИПОЛ в масле МВП при 50 °С 25–32%; содержание сульфатной золы

АНТИПЕННЫЕ ПРИСАДКИ

Смазочные масла склонны к образованию стабильной пены в процессе работы двигателей, узлов и механизмов. Тенденция к образованию пены, усиливающаяся за счет присутствия в масле моюще-диспергирующих и других присадок, приводит к нежелательному выбросу и потере масла, а также к снижению эффективности его использования. Чтобы предотвратить образование пены или ускорить ее разрушение в масло вводят в небольших количествах антипенные присадки. В качестве таких присадок используют многие соединения различной структуры, среди которых широко применяемыми являются силоксановые полимеры. Используют также соединения, включающие эфиры и соли жирных кислот, фосфорсодержащие соединения, фторированные углеводороды, производные полиспиртов и т. д.

Силоксановые полимеры, обладая высокой эффективностью при малых концентрациях, в то же время имеют ограниченную растворимость в масле и нестабильны в кислой среде.

Механизм действия антипенных присадок недостаточно изучен. Предполагают, что они снижают поверхностное натяжение на границе раздела жидкости и воздуха, что приводит к разрушению пузырьков пены.

Присадка ПМС-200А (ОСТ 6-02-20—79) — полиметилсилоксан; его характеристика приведена ниже:

Внешний вид	Бесцветная маслянистая жидкость
Вязкость при 100 °С, мм²/с	40—350
Содержание, %:	
кремния	36—39
механических примесей	Отсутствие
Температура вспышки в открытом тигле, °С	⩾290

Применяют в маслах различного назначения в концентрации 0,001—0,005%.

Глава 10
НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ, АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, КЕРОСИНЫ

НЕФТЯНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

Нефтяные растворители применяют в различных отраслях промышленности для растворения и экстракции органических соединений. Основной объем растворителей поставляют для нужд резиновой, лакокрасочной, лесохимической, маслоэкстракционной промышленности, а также для мойки и обезжиривания металлических поверхностей.

Нефтяные растворители подразделяют на низкокипящие (бензиновые) растворители, выкипающие до 150 °С (их маркируют индексом Б), и высококипящие (керосиновые) растворители, выкипающие >150 °С (их маркируют индексом К). В зависимости от углеводородного состава растворителя, исходного сырья и технологии получения нефтяные растворители подразделяют на следующие группы:

П — парафиновые — с содержанием нормальных парафиновых углеводородов >50%,

И — изопарафиновые — с содержанием изопарафиновых углеводородов >50%,

Н — нафтеновые — с содержанием нафтеновых углеводородов >50%,

А — ароматические — с содержанием ароматических углеводородов >50%,

С — смешанные — с содержанием каждой из групп углеводородов ⩽50%.

В зависимости от содержания ароматических углеводородов группы нефтяных растворителей (кроме ароматических) делят на подгруппы со следующими обозначениями:

Номер подгруппы	0	1	2	3	4	5
Содержание ароматических углеводородов, % (масс.)	<0,1	0,1—0,5	0,5—2,5	2,5—5,0	5—25	25—50

В условное обозначение растворителя, выпускаемого промышленностью, входят следующие данные: сокращенное название — нефрас, затем обозначение группы, номер подгруппы и пределы выкипания продукта, записанные через дробь. За нижний предел выкипания принимают температуру начала кипения, за верхний — конечную температуру, установленную техническими требованиями на соответствующий растворитель. Например, нефтяной растворитель парафиновый с содержанием ароматических углеводородов от 2,5 до 5,0% и выкипающий в пределах 30—80 °С обозначают: нефрас-П3-30/80.

В ранее выпущенной технической литературе и технической документации встречаются традиционные названия нефтяных растворителей. В табл. 10.1 приведены условные обозначения и традиционные наименования некоторых нефтяных растворителей.

Важнейшими эксплуатационными свойствами нефтяных растворителей являются:

способность растворять органические соединения,

Таблица 10.1. Условные обозначения и наименования растворителей

Новое обозначение	Старое наименование
Нефрас-С2-80/120 Нефрас-С3-80/120	Бензин растворитель для резиновой промышленности
Нефрас-С4-50/170	Нефрас-С 50/170
Нефрас-С4-155/200	Бензин растворитель для лакокрасочной промышленности (уайт-спирит)
Нефрас-А-125/160 Нефрас-А-110/195	Сольвент нефтяной
Нефрас-С3-70/95	Бензин экстракционный прямогонный
Нефрас-С3-70/85	Бензин экстракционный
Нефрас-С3-105/130	Бензин-растворитель для лесохимической промышленности
Нефрас-П4-30/80	Фракция петролейного эфира
Нефрас-А-120/200	Сольвент нефтяной тяжелый
Нефрас-С4-94/99	Гептан-растворитель
Нефрас-С4-150/200	Заменитель уайт-спирита
Нефрас-Н2-220/300	Нефрас-С 220/300
Нефрас-С4-50/180	Автонефрас
Нефрас-И2-190/320	Растворитель для печатных красок

Таблица 10.2. Характеристики нефрасов

Показатель	Нефрас-А-65/75	Нефрас-А-63/75
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	685	685
Фракционный состав:		
н. к., °С, не ниже	65	63
48% (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	75	75
остаток, %, не более	1,0	1,0
Бромное число, г/100 см³, не более	0,04	0,06
Содержание, %, не более:		
серы	0,0004	0,0005
ароматических углеводородов	0,4	0,5
механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
нафтеновых углеводородов:		
метилциклопентана и циклогексана	18	18
циклогексана	1,5	1,5
окисленных примесей, экстрагируемых водой	Отсутствие	

способность удалять органические загрязнения с поверхности металлов,

способность быстро испаряться,

способность к минимальному образованию отложений своих компонентов,

коррозионная агрессивность (определяется наличием в растворителях сернистых соединений),

стабильность качества нефтяных растворителей, которая характеризуется их гарантийным сроком хранения,

степень токсичности растворителей, характеризующая их воздействие на человека и окружающую среду.

Наибольшее практическое применение нашли растворители нефрас-А-63/75, нефрас-А-65/75, иефрас-С2-80/120 и нефрас-С3-80/120, их характеристики приведены в табл. 10.2.

Нефрас-А-63/75, нефрас-А-65/75 (ОСТ 38 01199—80) являются узкой гексановой фракцией деароматизованного бензина каталитического риформинга. Применяют в производстве полиэтилена низкого давления, синтетических каучуков, в легкой промышленности, при первичной обработке шерсти, в микробиологической промышлениости в процессе экстракционной очистки белково-витаминного конденсата, в пищевой промышленности для экстракции пищевых жиров.

Нефрас-С2-80/120, нефрас-С3-80/120 (ГОСТ 443—76). Первый представляет собой легкокипящую фракцию деароматизо-

Показатель	Нефрас-С2-80/120		Нефрас-С3-80/120
	высшей категории	первой категории	
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	700	730	730
Фракционный состав:			
н. к., °С	80	80	80
до 110 °С перегоняется, % (об.), не менее	98	93	93
до 120 °С перегоняется, % (об.), не менее	—	98	98
остаток, %, не более	1,0	1,5	1,5
Бромное число, г/100 см³, не более	0,08	0,09	0,09
Содержание, %, не более:			
ароматических углеводородов	1,5	2,5	3,0
меркаптановой серы	Отсутствие		
общей серы	0,018	0,02	0,02
водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие		
Испытание на образование масляного пятна	Выдерживает		

ванного бензина каталитического риформинга, второй является бензином прямой перегонки малосернистых нефтей. Оба растворителя широко применяют в резиновой промышленности.

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ НЕФТЯНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Бензол нефтяной (ГОСТ 9572—77) получают в процессе каталитического риформиига бензиновых фракций, а также при пиролизе нефтяного сырья. Представляет собой прозрачиую, бесцветную, летучую легкоподвижную жидкость со специфическим запахом. Используют в качестве сырья для производства синтетических волокон, пластических масс, синтетических каучуков, красителей и других продуктов.

В зависимости от назначения и технологии производства выпускают следующие марки нефтяного бензола: высшей очистки, для синтеза, для нитрации и технический. Характеристики бензола всех марок приведены в табл. 10.3. Реакция водиой вытяжки бензола должна быть нейтральиой. Во всех марках нормируется отсутствие сероводорода и меркаптанов.

Бензол относится к числу токсичных продуктов второго класса опасности: температура вспышки в закрытом тигле минус 12 °С, температура самовоспламенения 562 °С; пределы взрываемости паров бензола с воздухом 1,4—7,1% (об.), ПДК паров бензола в воздухе 5,0 мг/м³.

Таблица 10.3. Характеристика бензола

Показатель	Марка бензола			
	высшей очистки*	для синтеза*	для нитрации	технический
Плотность при 20 °С, кг/м³	878—880/878—880	878—880/877—880	876—880	875—880
Фракционный состав:				
и. к., °С, не ниже	—	79,7/79,6	—	—
к. к., не выше	—	70,4/80,5	—	—
95% (об.) перегоняется, °С, не более	—	0,6/0,6	0,8	0,8
Температура кристаллизации, °С, не ниже	5,4/5,4	5,35/5,3	5,1	—
Содержание, %:				
основного вещества, не менее	99,9/99,8	99,7/99,5	—	—
примесей, не более:				
н-гептана	0,01/—	—	—	—
метилциклогексана и толуола	0,05/—	—	—	—
метилциклопентана	0,02/0,03	—	—	—
общей серы, не более	0,00005/0,0001	0,0001/0,00015	0,0002	0,002

* Числитель — норма для высшего сорта, знаменатель — для первого сорта.

Таблица 10.4. Характеристика нефтяного ксилола

Показатель	Марка ксилола	
	А*	Б
Плотность при 20 °С, кг/м³	862—868/862—868	860—870
Фракционный состав:		
и. к., не менее	137,5/137,0	136,0
95% (об.) перегоняется, °С, не более	141,2/141,2	143,0
98% (об.), °С	3/3	4,5
Содержание основного вещества, %, не менее	99,6/99,5	—

* В числителе — с государственным Знаком качества.

Ксилол нефтяной технический (ГОСТ 9410—78) представляет собой смесь трех изомеров ксилола (*орто-*, *мета-* и *пара-*) и этилбензола, получаемую в процессе ароматизации нефтяных фракций и предназначенную для выделения отдельных изомеров, а также используемую в качестве растворителя. Выпускают нефтяной ксилол марок А и Б, их характеристики приведены в табл. 10.4. Нефтяной ксилол — прозрачная жидкость без посторонних примесей и воды, реакция водной вытяжки должна быть нейтральной. В нем нормируется отсутствие сероводорода и меркаптанов; температура вспышки — не менее 21 °С; испаряться он должен без остатка.

Таблица 10.5. Характеристики о- и п-ксилолов

Показатель	*о*-Ксилол				*п*-Ксилол		
	с государственным Знаком качества	первый сорт	чистый	технический	высшей категории качества	высший	чистый
Фракционный состав: от 5 до 95% (об.) выкипает в пределах, °С	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,6	0,8
Температура кристаллизации, °С, не ниже	—25,5	—25,6	—26,0	—26,3	13,0	12,9	12,5
Содержание:							
основного вещества, % (мол.), не менее	99,2	98,9	97,8	97,1	99,3	99,1	98,1
сульфируемых веществ, % (об.), не менее	100	100	99,5	99,5	—	—	—
Бромное число, г/100 см³, не более	0,18	0,20	0,20	0,20	0,12	0,20	0,20

о-Ксилол (ТУ 38 101254—78), **п-ксилол** (ТУ 38 101255—87) являются прозрачными легкоподвижными жидкостями. Характеристики их приведены в табл. 10.5.

о-Ксилол получают из смеси нефтяных ксилолов методом четкой ректификации и применяют в основном для производства фталевого ангидрида. Относится к горючим продуктам второго класса: температура кипения 144 °С, самовоспламенения 595 °С; температурные пределы воспламенения 24—55 °С, пределы взрываемости паров с воздухом 5—7,6% (об.). ПДК паров в воздухе 50 мг/м³.

п-Ксилол получают методом низкотемпературной кристаллизации из технического нефтяного ксилола и используют преимущественно для получения диметилтерефталата. Имеет характерный запах. Температуры: кипения 138,5 °С, вспышки в закрытом тигле 26 °С, самовоспламенения 595 °С; температурные пределы воспламенения 24—55 °С. Пределы взрываемости паров с воздухом 3,0—7,6% (об.). ПДК паров в воздухе составляет 60 мг/м³.

Толуол нефтяной (ГОСТ 14710—78) получают в процессе каталитического риформинга бензиновых фракций и при пиро-

Таблица 10.6. Характеристика толуола нефтяного

Показатель	А*	А	Б
Фракционный состав:			
н. к., °С, не менее	110,2	110,0	109,0
к. к., °С, не выше	111,0	111,0	111,2
98% (об.), °С, не более	0,7	0,8	2,0
Содержание, %:			
примесей, не более	0,3	0,4	—
сульфируемых веществ, не менее	—	—	96
Испытания на медной пластинке	Выдерживает		

* С государственным Знаком качества.

лизе нефтяных продуктов. Используют в качестве сырья для органического синтеза, высокооктановых добавок к моторным топливам, растворителя и т. д. Представляет собой прозрачную, бесцветную легкоподвижную жидкость. Реакция водной вытяжки нейтральная, испаряется без остатка.

Выпускают толуол двух марок: А — для органического синтеза и использования в качестве добавки к топливам; Б — для использования в качестве растворителя.

Толуол относится к числу токсичных продуктов второго класса опасности. Температура вспышки в закрытом тигле составляет 4 °С, температура самовоспламенения 536 °С; пределы взрываемости паров в смеси с воздухом 1,3—6,7% (об.). ПДК паров в воздухе 50 мг/л.

Характеристика толуола нефтяного приведена в табл. 10.6.

Псевдокумол нефтяной (ТУ 38 101118—78) получают ректификацией смеси ароматических углеводородов с ядром C_6. Используют в качестве сырья для нефтехимического синтеза. Представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с характерным запахом. Псевдокумол относится к легковоспламеняющимся горючим веществам. Температура вспышки в закрытом тигле псевдокумола 34 °С, пределы температуры воспламенения

Таблица 10.7. Характеристика псевдокумола

Показатель	Высший сорт	«Чистый» сорт
Фракционный состав: от 5 до 95% (об.) выкипает в пределах, °С, не более	0,6	0,8
Содержание, %, не менее:		
основного вещества	98,5	98,0
сульфируемых веществ	100	99,8
Бромное число, г/100 см³, не более	0,2	0,3

от 31 до 71 °С, температура самовоспламенения 500 °С, ПДК паров в воздухе составляет 50 мг/л.

Характеристика псевдокумола приведена в табл. 10.7.

КЕРОСИНЫ

Керосин осветительный (ОСТ 38 01407—86) получают из дистиллятов прямой перегонки нефти; дистилляты перегонки сернистых нефтей подвергают гидроочистке. Предназначен для использования в бытовых нагревательных и осветительных приборах. В керосинах ограничивается содержание тяжелых фракций, ухудшающих процесс их горения. На эксплуатационные свойства керосинов существенно влияет содержание ароматических углеводородов: с уменьшением их содержания возрастает интенсивность свечения пламени и теплотворная способность керосинов. Поэтому керосины классифицируют в зависимости от высоты некоптящего пламени — показателя, зависящего от содержания ароматических углеводородов. В настоящее время выпускают три марки осветительных керосинов, характеристики их приведены в табл. 10.8.

Керосин относится к легковоспламеняемым продуктам: температура вспышки в открытом тигле 57 °С, температура самовоспламенения 216 °С, температурные пределы воспламенения 35—75 °С, пределы взрываемости паров 1,4—7,5% (об.). ПДК керосина в воздухе 300 мг/м³.

Лигроин приборный (ОСТ 38 01423—87) представляет собой фракцию прямой перегонки нефти. Применяют в приборостроении в качестве наполнителя жидкостных приборов.

Таблица 10.8. Характеристика керосина

Показатель	КО-30	КО-25	КО-20
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	790	795	830
Фракционный состав:			
до 200 (270) °С перегоняется, % (об.), не менее	25	50	(80)
98% (об.), перегоняется, не выше	—	—	310
к. к., °С, не выше	280	290	—
Цвет, ед. КНС, не более	1	2	15
Высота некоптящего пламени, мм, не менее	30	25	20
Температура помутнения, °С, не выше	—15	—15	—12
Кислотность, мг КОН/100 см³, не выше	1,0	1,0	1,3
Зольность, %, не выше	0,002	0,002	0,005
Содержание:			
серы, %, не более	0,02	0,015	0,1
водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие		
Испытание на медной пластинке	Выдерживает		

Таблица 10.9. Характеристика лигроина приборного

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Плотность при 20 °С, кг/м³	785—795	Кислотность, мг КОН/100 см³, не более	0,3
Фракционный состав:		Температура помутнения, °С, не выше	—60
н. к., °С, не ниже	120	Иодное число, г I_2/100 г	0,3
к. к., °С, не выше	235	Содержание:	
остаток в колбе после перегонки, %, не более	1	серы, %, не более	0,02
Вязкость кинематическая, мм²/с:		водорастворимых кислот, щелочей, механических примесей и воды	Отсутствие
при 20 °С, не менее	1,1	Испытание на медной пластинке	Выдерживает
при —50 °С, не более	6,5		

Лигроин — легковоспламеняющаяся прозрачная бесцветная или слабо-желтая жидкость, выкипающая в пределах 120—240 °С; температура самовоспламенения 380 °С, вспышки 10 °С; температурные пределы воспламенения от 2 до 34 °С. ПДК паров в воздухе 300 мг/л. Характеристика лигроина приведена в табл. 10.9.

Глава 11
МАСЛА БЕЛЫЕ, ВАКУУМНЫЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОНОСИТЕЛИ

МАСЛА БЕЛЫЕ

Белые масла — это глубоко деароматизированные, химически инертные нефтепродукты без цвета, запаха и вкуса. Такое качество масел достигается очень высокой степенью очистки дистиллятов высококачественных нефтей нафтенового или парафинового основания глубоким сульфированием либо жестким гидрированием.

Белые масла подразделяют на пищевые (медицинские) и технические.

Медицинские белые масла (табл. 11.1)

Пищевые сорта белых масел (вазелиновое и парфюмерное) широко применяют в фармацевтической химии, косметической и пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства, где возможен в той или иной мере контакт с пищевыми продуктами.

Таблица 11.1. Характеристики белых масел

Показатель	Масло вазелиновое медицинское	Масло парфюмерное
Плотность при 20 °С, кг/м³	870—890*	⩽880
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	28,0—38,5	16,5—23,0
Зольность, %, не более	0,005	0,004
Температура, °С:		
вспышки в закрытом (открытом) тигле, не ниже	185	(180)
застывания, не выше	—5**	—8
Цвет, ед. КНС, не более	6,0³*	6,0⁴*
Кислотное число, мг КОН/г, не более	—	0,01
Содержание⁵* сернистых соединений, %, не более	Отсутствие	0,04

* Допускается изготавливать из западносибирских нефтей $\rho_{20}>850$ кг/м³ и $\nu_{50}=26,0—38,5$ мм²/с.

** Для высшей категории качества — минус 8 °С.

³* Для масла экспортного >270 мм (на приборе КН-1 со стеклом № 2).

⁴* Для масла экспортного <4 ед. КНС.

⁵* Для масла высшей категории качества — отсутствие. Нормируется также: содержание воды, парафина и восстанавливающих веществ — отсутствие; легкокипящих фракций до 360 °С <0,1% (для высшей категории качества — отсутствие); проба на присутствие щелочей, кислот и органических примесей — выдерживает; растворимость в эфире, хлороформе и бензине — полная.

Масло вазелиновое медицинское (ГОСТ 3164—78) — прозрачная жидкость, не флуоресцирующая при дневном свете. Применяют для приготовления жидких мазей, иногда в лечебных целях назначают внутрь в чистом виде, используют как растворитель различных препаратов для инъекций и в качестве пеногасителя при производстве пенициллина. Хорошо растворяется в эфире, хлороформе, бензине. В качестве смазочного материала, как правило, не применяют ввиду весьма слабых смазывающих свойств.

Стандарт на вазелиновое медицинское масло предусматривает достаточно жесткие требования по чистоте его от воды, кислот и щелочей, парафина, органических и других примесей. Наряду с указанными в табл. 11.1 показателями качества масло вазелиновое медицинское для электронной промышленности должно обладать рядом электрофизических показателей по ГОСТ 3164—78:

Удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С, Ом·см, не менее	$1\cdot10^{13}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 100 °С и 1000 Гц, не более	0,001
Пробивное напряжение электрического поля при 20 °С и 50 Гц, кВ, не менее	50
Диэлектрическая проницаемость при 20 °С и 1000 Гц	2,0—2,4

Масло парфюмерное (ГОСТ 4225—76) — бесцветная жидкость, отличающаяся от медицинского вазелинового более низким уровнем вязкости. Используют в косметических препаратах, в составе кремов, паст, губной помады, лаков для волос, лосьонов, иногда — в фармацевтических продуктах, например для изготовления вазелиновых препаратов. В нефтеперерабатывающей промышленности используют в качестве высокоочищенной основы некоторых нефтепродуктов (смазки ЦИАТИМ-205, масла Парф-1 и др.). В чистом виде как смазочный материал обычно не применяют, так как обладает низкой смазывающей способностью в ряду нефтяных масел такого уровня вязкости. В виде исключения может применяться для смазывания узлов машин и механизмов, в которых возможен контакт смазочного материала с продукцией пищевого назначения, например в кондитерском производстве, хлебопечении, при розливе, расфасовке и упаковке молочных и других продуктов.

В сельском хозяйстве используют в качестве растворителя и диспергатора инсектицидов, для приготовления вакцин в ветеринарии.

Технические белые масла (табл. 11.2)

В последние годы эти глубокоочищенные нефтепродукты широко применяют в различных областях техники и сельского хозяйства. В химической промышленности, в производстве полимеров, пластических и синтетических волокон их используют для смазывания компрессоров высокого давления (компримирующих исходные мономеры), в качестве пластификаторов и мягчителей, растворителей, диспергаторов при приготовлении различных технологических препаратов и др. При изготовлении резин, натуральных и синтетических каучуков эти масла используют как наполнители, в электротехнике — для заполнения кабелей.

Таблица 11.2. Характеристики технических белых масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	НМР-12	НКМ-40
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	865	880
Показатель преломления, не более	1,4730	1,4800
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	10,0—13,5	36—41
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	155	190
застывания, не выше	—40	—10
Цвет:		
на КН-51, № 2, мм, не менее	270	270
на КНС-1	[*]	[*]
Проба на присутствие:		
органических примесей	Выдерживает	
щелочей и кислот	Выдерживает	
Кислотное число, мг КОН/г	0,01	0,01
Содержание: воды, механических примесей	Отсутствие	
Зольность, %, не более	0,005	0,005
Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость	

Масло нафтеновое НМР-12 (ТУ 38 101737—78) — растворитель инициатора реакции полимеризации этилена. Бесцветное маловязкое низкозастывающее масло, на 95—98% состоящее из нафтено-парафиновых углеводородов. Глубокая степень деароматизации и депарафинизации масла обеспечивается сложными и дорогостоящими технологическими процессами очистки и использованием в качестве исходного сырья малосернистых нефтей.

Масло нафтеновое компрессорное НКМ-40 (ТУ 38 101434—79) применяют для смазывания цилиндропоршневой группы компрессорных агрегатов, нагнетающих мономеры при производстве различных полимеров (полиэтилена, полипропилена и др.) при рабочих давлениях до 250 МПа. Важной характеристикой является групповой химический состав — до 98% нафтено-парафиновых углеводородов.

МАСЛА ВАКУУМНЫЕ

Развитие и совершенствование вакуумной техники и широкое внедрение вакуумной технологии во многих отраслях промышленности определяют потребность в вакуумсоздающем оборудовании и рабочих жидкостях для них. В действующий ассортимент рабочих жидкостей для вакуумсоздающего оборудования входят хорошо очищенные минеральные (нефтяные) и некоторые синтетические продукты, именуемые вакуумными маслами. Основная область их применения — объемные вакуумные насосы (поршневые, жидкостно-кольцевые, ротационные и т. п.).

Специфические условия работы вакуумсоздающей техники требуют обеспечения в вакуумных маслах жестких показателей по вязкости, давлению насыщенных паров, предельному остаточному давлению, а также стабильности против окисления. Наиболее качественные минеральные вакуумные масла — ВМ-1 и ВМ-5 вырабатывают из малосернистых беспарафинистых нефтей путем глубокой очистки их узких фракций и применением дополнительно 1—2 ступеней тонкой вакуумной дистилляции. Эти же вакуумные масла отличаются наибольшей кинематической вязкостью при 50 °С (60—80 мм²/с), температурой вспышки (230—260 °С), а также давлением насыщенных паров при 20 °С (от $2{,}7 \cdot 10^{-6}$ до $2{,}7 \cdot 10^{-7}$ Па) и предельным остаточ-

ным давлением при этой же температуре (от $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ до $9{,}3 \cdot 10^{-5}$ Па).

Вакуумные масла ВМ-3, ВПН и ВМ-4 являются рабочими жидкостями соответственно для высокопроизводительных паромасляных бустерных, вспомогательных пароструйных и специальных форвакуумных насосов. Эти три масла по возрастающей линии ранжируются между собой прежде всего показателем вязкости (класс вязкости по ISO 3448 соответственно 15, 22 и 68/100). Близким к маслу ВМ-4 по основным показателям является масло ВМ-6 для механических вакуумных насосов, работающих при остаточном давлении до $1{,}3 \cdot 10^{-1}$ Па.

Наряду с минеральными маслами в качестве рабочей жидкости вакуумных насосов находят применение и синтетические продукты: поли-α-олефины, сополимеры α-метилстирола с α-олефинами (масло ВНИИНП ВС-1), различные алкильные производные ароматических углеводородов (серия продуктов под названием «Алкарены»), а также различные олигоорганосилоксаны. Хорошо себя зарекомендовали олигометилфенилсилоксаны ФМ-1, ПФМС-1, ПФМС-2/5Л, ПФМС-13. Это продукты с низким давлением насыщенных паров, малой испаряемостью и высокой температурой вспышки, нетоксичные и не вызывающие коррозии металлов. Их успешно используют в качестве вакуумных масел с отличными показателями термоокислительной и термической стабильности для высоковакуумных диффузионных насосов, обеспечивающих предельный вакуум от 133 нПа до 13 мкПа. Олигометилфенилсилоксаны обеспечивают быстроту откачки и действия насоса — важнейшие параметры этого вида техники. Однако следует отметить чрезвычайную дороговизну олигоорганосилоксанов: стоимость большинства из них достигает 25—35 руб/кг*.

Нефтяные вакуумные масла вырабатывают в соответствии с ОСТ 38 01402—86 и в зависимости от назначения установлены следующие марки вакуумных масел: ВМ-1 — для высоковакуумных паромасляных насосов, ВМ-3 — для бустерных паромасляных насосов, ВМ-4 — для механических вакуумных насосов с масляным уплотнением, ВМ-5 — для высоковакуумных паромасляных насосов (для создания сверхвысокого вакуума), ВМ-6 — для механических вакуумных насосов с масляным уплотнением, ВМ-11 — для вспомогательных пароструйных насосов.

Характеристики вакуумных масел приведены в табл. 11.3.

* Характеристики этих продуктов приводятся в книгах: Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение/Под ред. М. В. Соболевского. М.: Химия, 1985. С. 263; Кремнийорганические продукты, выпускаемые в СССР. Каталог-справочник. М.: Химия. 1970. С. 51.

Таблица 11.3. Характеристики вакуумных масел

[*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно

Показатель	ВМ-1	ВМ-3	ВМ-4	ВМ-5	ВМ-6*	ВМ-11
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	887	890	908	885	895	890
Цвет, ед. ЦНТ, не более	Бесцветное	3,5	7,0	Бесцветное	4,5	Бесцветное
Запах	Отсутствие	—	—	Отсутствие	—	Отсутствие
Вязкость кинематическая, мм²/с:						
при 50 °С	60—70	8—11	48—57	60—74	≤40	12,5—15,3
при 100 °С	—	—	8—11	—	≤8	—
Температура вспышки в открытом тигле, °С	230—260	150—180	206—218	≥230	—	180—185
Содержание, %:						
воды			Отсутствие			
механических примесей	Отсутствие		≤0,007		Отсутствие	
водорастворимых кислот и щелочей			Отсутствие			
Зольность, %, не более	0,010	—	0,005	0,010	—	0,003
Давление насыщенных паров при 20 °С $p_{н.п}$, не более:						
Па	$(53—2{,}7)10^{-7}$	[*]	$5{,}3 \cdot 10^{-3}$	$2{,}7 \cdot 10^{-6}$	$4{,}0 \cdot 10^{-4}$	$(67—1{,}3)10^{-4}$
мм рт. ст.	$(40—2)10^{-9}$		$4 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$(50—1{,}0)10^{-6}$
Предельное остаточное давление при 20 °С, Па (мм рт. ст.), не более	$2{,}7 \cdot 10^{-4}$ $(2 \cdot 10^{-6})$	—	—	$9{,}3 \cdot 10^{-5}$ $(7 \cdot 10^{-7})$	—	—
Температура кипения, при которой $p_{н.п} = 1{,}33$ Па	140—150	—	—	140—155	—	70—80

* $\nu_{20} = 220$ мм²/с.

Примечания.

1. Кроме указанных для масла ВМ-4 нормируются: разность температур вспышки, определяемых в открытом и закрытом тиглях, <0,12 °С; кислотное число <0,2 мг КОН/г; коксуемость <0,20% и температура застывания <−15 °С.

2. Для масел ВМ-3 и ВМ-6 нормируется фракционный состав соответственно: н. к. не ниже 25 и 125 °С, 90% (об.) перегоняется при температуре не выше 175 и 220 °С.

Вакуумное масло ВНИИНП ВС-1 (ТУ 38 401105—75) — синтетическое масло для механических вакуумных насосов (сополимеры α-олефинов и α-метилстирола). Работоспособно при получении остаточного давления не более 0,007 кПа при температуре на входе в насос до 50 °С и температуре окружающей среды до минус 65 °С.

МАСЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ

К этим маслам отнесены жидкости и масла, нашедшие применение в производстве резин, резиновых технических изделий, синтетических каучуков и масла для производства химических волокон.

Масла для резин и резиновых технических изделий (табл. 11.4, 11.5)

Жидкости СЖР (ТУ 38 10195—86) применяют в качестве стандартных углеводородных сред при определении свойств резин и резиновых технических изделий. Установлены три марки жидкостей: СЖР-1, СЖР-2, СЖР-3. СЖР-1 представляет собой хорошо очищенный нефтяной продукт остаточного происхождения из сернистых нефтей; СЖР-2 и СЖР-3 — дистиллятные продукты из малопарафинистой нефти, подвергнутые глубокой очистке (сернокислотной, адсорбционной). Все три продукта имеют стабильное качество, относительно постоянный групповой углеводородный состав. Характеристики нефтяных стандартных жидкостей приведены ниже:

	СЖР-1	СЖР-2	СЖР-3
Анилиновая точка, °С	124±1,0	93±3,0	70±1,0
Кинематическая вязкость при 98,9 (37,8) °С, мм²/с	20±1	20±1	(33±1)
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	240	240	160

Таблица 11.4. Характеристики масел МПс и МПа

Показатель	МПс	МПа
Вязкость кинематическая, мм²/с:		
при 20 °С	23—27	16—22
при 50 °С	8—9	6—7
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,05
Стабильность против окисления:		
осадок в окисленном масле, %, не более	Отсутствие	0,1
кислотное число окисленного масла, мг КОН/г, не более	0,10	0,35
Зольность, %, не более	0,005	0,03
Температура, °С:		
вспышки в закрытом тигле, не ниже	155	140
застывания, не выше	—45	—50
Содержание, %:		
водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствие
воды	Отсутствие	Отсутствие
механических примесей	Отсутствие	Отсутствие
серы, не более	0,5	0,3
Анилиновая точка, °С	85—90	61,0—67,0
Показатель преломления, не выше	1,4760	1,5000
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	850	890
Теплотворная способность низшая, Дж/г, не менее	41868	41868
Цвет, ед. ЦНТ, не более	0,5	0,5

Таблица 11.5. Характеристика масла ВА-8

Показатель	Норма*	Показатель	Норма*
Плотность при 20 °С, кг/м³	875—885	Кислотное число, мг КОН, не более	0,05
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с	6,2—8,1	Содержание серы, %, не более	0,10
Температура, °С:			
вспышки в открытом тигле, не ниже	190	Иодное число, г I_2/100 г, не более	2,5
застывания, не выше	—30		
Анилиновая точка, °С	65—75	Содержание воды и механических примесей	Отсутствие
Показатель преломления	1,4885—1,4960	Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,5

* Для масла, получаемого из сырья Горловского химического завода, допускается: плотность при 20 °С 875—895 кг/м³, анилиновая точка 60—80 °С, показатель преломления при 20 °С 1,4885—1,4980.

Масла-пластификаторы МПс и МПа (ОСТ 38 0114—72) применяют при изготовлении синтетических каучуков. *Масло МПс* из сернистых нефтей получают селективной очисткой фенолом и глубокой депарафинизацией; содержит антиокислительную присадку. *Масло МПа* вырабатывают из малопарафинистой нефти нафтенового основания путем сернокислотной очистки (см. табл. 11.4).

Масло-«мягчитель» для резиновой промышленности (ОСТ 38 0193—75) — дистиллятное масло кислотной очистки из малосернистых нефтей, содержит 0,5% депрессорной присадки. Применяют в качестве мягчителя резиновых смесей.

Характеристика масла приведена ниже:

Вязкость кинематическая при 50 °С, мм²/с	6,5—8,0
Кислотное число, мг КОН/г	≤0,1
Зольность, %	≤0,01
Содержание механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие
Температура, °С:	
вспышки в закрытом тигле, не ниже	120
застывания, °С, не выше	—60

Таблица 11.6. Характеристики нефтяных масел-пластификаторов и мягчителя

Показатель	ПН-6ш	ПН-6к	Пластары 37/2	20К	ПНА	ЭФ-4
Плотность при 20 °C, кг/м³	960—980	950—970	960—980	975—1010	960—980	960
Вязкость кинематическая 100 °C, мм²/с	35—40	30—35	36—42	22—35	31—39	10—16
Температура, °C:						
вспышки в открытом тигле, не ниже	230	230	230	200	225	200
застывания, не выше	36	36	36	30	36	25
Анилиновая точка, °C	55—65	55—57	55—65	25—45	60—70	45
Показатель преломления при 50 °C	—	—	1,5200—1,5400	1,5500—1,5800	1,5200—1,5400	1,5400 (20 °C)
Содержание, %, не более:						
механических примесей	Отсутствие					0,008
воды	Следы					

Масло ВНИИП-ВА-8 (ТУ 38 10161—75) — мягчитель, наполнитель для резин и синтетического каучука. Синтетическое масло на основе алкилбензолов (молекулярной массы 500—600). Хвостовая фракция алкилбензола, получающаяся при выработке моющих средств путем алкилирования бензола тетрамерами пропилена или другими α-олефинами и дополнительно очищенная отбеливающей глиной. Применяют в промышленности каучука и резиновых технических изделий в качестве мягчителя или наполнителя резиновых смесей и синтетического каучука (см. табл. 11.5).

Масло ПН-6 (ОСТ 38 01132—77) — пластификатор нефтяной — представляет собой концентрат ароматических углеводородов, получаемый компаундированием экстрактов от селективной очистки фенолом остаточных и дистиллятных масел из сернистых нефтей или из чистого остаточного экстракта. В зависимости от целей применения вырабатывают ПН-6к, используемый в качестве пластификатора-наполнителя синтетических дивинил(метил)стирольных (метил-стирольных) каучуков, и ПН-6ш, используемый в качестве пластификатора-наполнителя и мягчителя шинных смесей (табл. 11.6).

Пластар-20К (ТУ 38 40101—83) и **Пластар-37/2** (ТУ 38 101898—82) — представляют собой высокоароматизированные нефтяные продукты, получаемые в качестве экстрактов при селективной очистке соответственно дистиллятных и остаточных масел фенолом. Применяют в качестве ароматических пластификаторов при производстве различных резиновых технических изделий (см. табл. 11.6).

Масло-наполнитель ЭФ-4 (ТУ 38 101280—76) — продукт, получаемый в качестве экстракта при селективной очистке маловязких масел фенолом, имеет высокоароматизированный углеводородный состав. Применяют в качестве нефтяного пластификатора-наполнителя различных резиновых смесей на заводах РТИ (см. табл. 11.6).

Пластификатор ПНА (ТУ 38 101423—74) нефтяной ароматический — остаточный экстракт от очистки масел фенолом. В групповом углеводородном составе доминируют тяжелые и средние ароматические углеводороды. Применяют в качестве пластификатора в производстве шинных резин (см. табл. 11.6).

Масла в производстве химических волокон (табл. 11.7)

В промышленности химических волокон нефтяные масла применяют в процессах авиважной обработки и замасливания при текстильной переработке как составные элементы многокомпонентных препаратов, а также в качестве минерального растворителя текстильно-вспомогательных веществ с целью придания нитям и пряже необходимых технологических свойств. В зависимости от специфических требований для этих целей вырабатывается несколько сортов нефтяных масел. Наиболее жестким требованиям промышленности химических волокон отвечает вязкое масло НЗМ-40 (ТУ 38 101785—79) с высоким содержанием нафтеновых углеводородов, что достигается сложной и многоступенчатой деароматизацией вязкой

Таблица 11.7. Характеристики масел для производства химических волокон

*] — Показатель не нормируется. Определение обязательно (на фотоэлектроколориметре ФЭК-56М или КФК)

Показатель	С-9	С-15	С-25	НЗМ-40
Плотность при 20 °C, кг/м³, не более	865	875	875	885
Коэффициент преломления, не более	1,4800	1,4800	1,4800	1,4810
Вязкость кинематическая, мм²/с:				
при 20 °C	23—29	35—55	⩽105	—
при 50 °C	⩽9	⩽15	⩽25	⩾28
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,02	0,02	0,02	0,05
Зольность, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005
Температура, °C:				
вспышки в закрытом тигле, не ниже	150	160	200	190
застывания, не выше	—45	—40	—13	—10
Содержание, %:				
механических примесей	Отсутствие			
воды	Отсутствие			
серы, %, не более	0,6	0,7	0,6	—
Иодное число, г I_2/100 г, не более	2,6	5	8	—
Цвет (кювета 10 мм, светофильтр № 3), не более	0,700	[*]	[*]	[*]

нефтяной фракции. Широко применяют также масла меньшей вязкости и разной глубины очистки (ТУ 38 10133—75): С-9 — маловязкое, С-15 — глубокой фенольной очистки, С-25 — средней вязкости глубокой фенольной очистки.

МАСЛА-ТЕПЛОНОСИТЕЛИ

Энергетика многих современных химических процессов и некоторых производств синтетического волокна основана на применении жидких теплоносителей и рабочих сред со специфическими химическими, теплофизическими и реологическими свойствами. На ряде таких производств успешно применяют нетоксичные нефтяные масла-теплоносители, отличающиеся достаточно высокой термической стабильностью и температурой самовоспламенения. Высокотемпературные нефтяные масла-теплоносители, работоспособные до 280—320 °С, представляют собой продукты глубокой переработки нефти, в которых за счет технологических процессов достигается высокое содержание ароматических углеводородов. Поэтому в обозначение масел, как правило, включена аббревиатура АМТ (ароматизированное масло-теплоноситель) и следующая затем цифра указывает примерную предельно допустимую температуру длительного применения.

Масла-теплоносители АМТ (табл. 11.8)

Масло-теплоноситель АМТ-300 (ТУ 38 101537—75) — жидкий нефтяной теплоноситель вырабатывают на базе экстрактов фенольной очистки дистиллятов сернистых нефтей путем последующей их депарафинизации и доочистки (сернокислотной, адсорбционной или гидрокаталитической). Применяют в закрытой системе, исключающей его контакт в горячем виде с воздухом. Предельно допустимая температура масла при интенсивной принудительной циркуляции — не выше 280 °С.

При применении масла следует соблюдать меры пожарной безопасности: установки и системы высокотемпературного обогрева маслом и помещения, в которых они размещены, должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ-76.

Масло-теплоноситель АМТ-300Т (ТУ 38 1011023—85) — нефтяное масло, вырабатываемое на основе экстракта тяжелого газойля каталитического крекинга (фракция 350—475 °С) с последующей селективной депарафинизацией и доочисткой (адсорбционной или гидрокаталитической). Применяют в закрытых системах обогрева, оборудованных приспособлением для удаления легкокипящих продуктов разложения, которые могут образоваться при длительной работе теплоносителя. Рекомендовано для заводов химического волокна и других произ-

Таблица 11.8. Характеристики масел теплоносителей АМТ-300

Показатель	АМТ-300*	АМТ-300Т
Плотность при 20 °С, кг/м³, не менее	960	995
Показатель преломления, не менее	1,5400	1,5800
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм²/с, не более	5,9	5,3
Температура, °С:		
застывания, не выше	—30	—23
вспышки в закрытом тигле, не ниже	175	170
самовоспламенения минимальная, не ниже	285	325
Содержание:		
механических примесей	Отсутствие	
воды	Отсутствие	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,03	0,05
Цвет (без разбавления), ед. ЦНТ, не более	6	—
Фракционный состав, °С:		
5% (об.) выкипает, не ниже	330	—
95% (об.) выкипает, не выше	475	—

* Цвет и фракционный состав определяют на месте производства. Для масла кислотно-контактной очистки допускается кислотное число <0,05 мг КОН/г.

Таблица 11.9. Характеристика масел-теплоносителей

Показатель	ЛЗ-ТК-1	ЛЗ-ТК-2*	ЛЗ-ТК-4
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	830	710	830
Вязкость кинематическая, мм²/с, не более:			
при 50 °С	1,2	—	1,6
при 20 °С	2,2	0,8	3,0
при —10 (—60) °С	3,0	(3,5)	5,5
Температура, °С, не выше:			
застывания	—	—	—55
вспышки	—	—	55
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,030		0,035
Коррозионное воздействие на металлы (ГОСТ 2060—60)	—	—	Выдерживает
Содержание механических примесей, воды, водорастворимых кислот и щелочей	—	Отсутствие	

* Нормируется фракционный состав: н. к. <99 °С; 90% (об.) выкипает при температуре <112 °С.

Таблица 11.10. Характеристики теплоносителей ЛЗ-ТК-5 и «Темп»

Показатель	ЛЗ-ТК-5	«Темп»
Плотность при 20 °С, кг/м³	—	1065—1095
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм²/с	2,3—2,7	2,8—3,7
pH при 20 °С	7,5—8,5	7,5—8,5
Показатель преломления при 20 °С	1,360—1,370	1,370—1,390
Температура, °С:		
застывания, не выше	—18	—18
кипения, не ниже	100	100
Содержание механических примесей, %, не более	0,005	0,005
Испытания на изменение объема при —50 °С	—	Выдерживает
Коррозионное воздействие на металлы	—	Выдерживает

водств. Предельно допустимая температура масла при интенсивной принудительной циркуляции в условиях длительной эксплуатации — до 300 °С.

Теплоносители для систем терморегулирования (табл. 11.9, 11.10)

ЛЗ-ТК-1 (ТУ 38 101387—79) — смесь пентаэритритового эфира и этанола с добавкой антиокислительной присадки. Применяют в качестве рабочей среды (теплоносителя) для систем терморегулирования, которые работают в диапазоне температур —50 ... +50 °С.

ЛЗ-ТК-2 (ТУ 38 101388—79) — теплоноситель для систем терморегулирования, работающих в интервале температур —100 ... +80 °С.

ЛЗ-ТК-5 (ТУ 38 101353—78) — теплоноситель — охлаждающая жидкость с антикоррозионной добавкой. Применяют в гидромагистралях системы терморегулирования изделий для отвода тепла. Работает длительно в интервале температур —20 ... +100 °С.

Теплоноситель «Темп» (ТУ 38 30101—84) предназначен для использования в качестве рабочей среды в системах терморегулирования, работающих в интервале температур —18 ... +100 °С.

ЛЗ-ТК-4 (ТУ 38 101514—75) — однородная прозрачная жидкость светло-желтого цвета. Предназначен для использования в качестве рабочей среды в системах терморегулирования, работающих в интервале температур —10 ... +50 °С.

Глава 12
РАЗНЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ

ТВЕРДЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Парафины

Твердые нефтяные парафины представляют собой смесь углеводородов метанового ряда нормального строения с 18—35 атомами углерода в молекуле. Вещества кристаллического строения с температурой плавления 45—65 °С и молекулярной массой 300—400. Величина и форма кристаллов парафина зависят от условий его выделения: из нефти парафин выделяется в виде мелких тонких кристаллов, из нефтяных дистиллятов и дистиллятных рафинатов селективной очистки — в виде крупных кристаллов. При увеличении скорости охлаждения размеры выделяемых кристаллов уменьшаются.

Парафины инертны к большинству химических реагентов. Они окисляются азотной кислотой, кислородом воздуха (при 140 °С) и некоторыми другими окислителями с образованием смеси жирных кислот, аналогичных кислотам, которые содержатся в жирах растительного и животного происхождения. Это сходство позволяет использовать синтетические жирные кислоты вместо жиров растительного и животного происхождения в парфюмерной промышленности, при производстве смазок и др. Парафин реагирует с хлором с образованием хлорпарафинов, являющихся сырьем для производства присадок к маслам.

Получают парафины путем депарафинизации и обезмасливания дистиллятного масляного сырья с использованием кетон-ароматических растворителей. В меньших масштабах производят твердые парафины обезмасливанием без растворителей — фильтр-прессованием охлажденного сырья с последующим потением полученного гача. Обезмасленные парафины для получения товарных продуктов подвергают очистке: сернокислотной, контактной, перколяционной, гидрогенизационной.

Твердые нефтяные парафины вырабатывают по ГОСТ 23683—79 и по степени очистки подразделяют на высокоочищенные (марки П и В), очищенные (марки Т и С) и неочищенные (марки $Н_С$ и $Н_В$). В зависимости от областей применения устанавливают следующие марки парафинов.

П-1, П-2 и П-3 — высокоочищенные парафины, предназначенные для пищевой промышленности:

П-1 — применяют при изготовлении тары и упаковочных материалов жесткой конструкции, имеющих соприкосновение с

Таблица 12.1. Характеристики твердых нефтяных парафинов

Показатель	П-1	П-2	П-3	$В_1$	$В_2$	$В_3$	$В_4$	$В_5$	Т	С	$Н_С$	$Н_В$
Температура плавления, °С	⩾54	⩾52	⩾50	50—52	52—54	54—56	56—58	58—62	⩾50	45—52	⩾42	⩾57
Содержание масла, %, не более	0,45	0,9	2,0	0,8	0,45	0,45	0,45	0,5	2,3	2,2	5,0	2,3
Цвет (стекло № 1), мм, не менее	270	250	230	270	270	270	270	270	—	—	—	—
Устойчивость цвета, сут, не менее	7	7	7	7	8	8	8	7	—	—	—	—
Глубина проникания иглы (25 °С, 9,8 мН), 0,1 мм, не более	—	—	—	18	16	14	13	12	—	—	—	—

пищевыми продуктами и применяемых при повышенных температурах, а также в качестве составного компонента при изготовлении кондитерских изделий;

П-2 — используют для пропитки и покрытия гибкой упаковки пищевых продуктов, сохраняющей эластичность при пониженных температурах, а также в качестве компонента сплавов для покрытия деревянных, бетонных и металлических емкостей, предназначенных для хранения пищевых продуктов;

П-3 — применяют для изготовления эластичных покрытий, косметических препаратов, а также восковых составов для промышленной обработки битой птицы.

$В_1$, $В_2$, $В_3$, $В_4$, $В_5$ — высокоочищенные парафины, предназначенные для использования в различных отраслях народного хозяйства, марку $В_2$ применяют также для изготовления резиновых технических изделий.

Т и С — очищенные парафины технического назначения. Марку Т — применяют в химической, нефтехимической, текстильной, полиграфической, резино-технической, деревообрабатывающей промышленности и других отраслях народного хозяйства. Марку С — применяют в нефтехимической промышленности для производства синтетических жирных кислот.

Таблица 12.2. Особые требования к качеству парафинов для нефтехимии

Показатель	С	$Н_В$
Фракционный состав:		
5% (об.) выкипает при температуре, °С, не ниже	320	—
до 400 °С перегоняется, % (об.), не менее	60	—
97% (об.) перегоняется при температуре, °С, не выше	460	—
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	160	180
Содержание, %, не более:		
воды, %	0,2	0,2
механических примесей	—	0,01

Примечание. Содержание фенола и фурфурола определяют для парафинов, получаемых из рафинатов фенольной и фурфурольной очистки.

$Н_С$ и $Н_В$ — неочищенные парафины технического назначения: $Н_С$ применяют при изготовлении спичек и товаров бытовой химии, $Н_В$ — в качестве сырья для производства α-олефинов и в других отраслях народного хозяйства.

Характеристики нефтяных парафинов приведены в табл. 12.1, особые требования к парафинам С и $Н_В$, являющихся сырьем для нефтехимии, — в табл. 12.2.

Твердые нефтяные парафины являются горючими веществами с температурой вспышки не ниже 160 °С и температурой самовоспламенения не ниже 300 °С. Внешний вид высокоочищенных парафинов — кристаллическая масса белого цвета, очищенных (марки Т и С) — допускается слегка желтоватый оттенок, неочищенных (марки $Н_С$ и $Н_В$) — цвет от светло-желтого до светло-коричневого. Все парафины не должны иметь запаха и не должны содержать бенз-α-пирен.

Церезины

Церезины — смесь парафиновых углеводородов изомерного и нормального строения с числом атомов углерода в молекуле от 36 до 55. Вещества мелкокристаллической структуры с температурой плавления (каплепадения) 57 °С и выше и молекулярной массой 500—700. В отличие от парафинов церезины обладают бо́льшей вязкостью и способностью загущать масло, что обусловлено их мелкокристаллической структурой. При добавлении церезина в парафины улучшаются загущающие свойства последних, что позволяет использовать такую смесь в производстве смазок. Устойчивость к химическим реагентам у церезина ниже, чем у парафина.

Церезины вырабатывают путем очистки и обезмасливания природных озокеритов, парафиновой пробки и петролатумов (продуктов депарафинизации, получаемых при производстве остаточных смазочных масел). В последнем случае технология получения аналогична технологии получения твердых парафинов. Получают церезины также синтезом оксида углерода и водорода.

Таблица 12.3. Характеристики церезинов и церезиновой композиции

Показатель	Церезины						Композиция церезиновая
	65	70	75	80	конденсаторный	100	
Внешний вид	Однородная масса без заметных механических примесей				Однородная масса светло-желтого цвета		—
Температура каплепадения, °С	65—70	70—75	75—80	80—85	⩾100	⩾100	⩾56
Глубина проникания (25 °С, $9{,}8 \cdot 10^{-3}$ Н), 0,1 мм, не более	30	25	18	16	10	10	25
Содержание, %, не более:							
механических примесей	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
воды	Отсутствие						
Зольность, %, не более	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	—
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05 (0,10)*	0,18	—
Удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С, Ом·см, не менее	—	—	—	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{14}$	—	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	5	5	5	5	—	—	—

* После нагревания в течение 100 ч при 120 °С, не более.

Церезин (ГОСТ 2488—79) — смесь твердых углеводородов, получаемых кислотно-контактной очисткой неочищенного церезина, парафинистой пробки или их смеси в любом соотношении. Предназначен для получения смазок, восковых сплавов, изоляционных материалов и других целей. Стандарт не распространяется на церезин для пищевой промышленности. В зависимости от температуры каплепадения установлены следующие марки церезина: 65, 70, 75, 80.

Церезин синтетический высокоплавкий (ГОСТ 7658—74) — смесь твердых углеводородов метанового ряда, преимущественно нормального строения; получают синтезом оксида углерода и водорода. В зависимости от области применения выпускают высокоплавкий синтетический церезин марок: конденсаторный и 100.

Композиция церезиновая (ГОСТ 3677—76) изготавливается из церезина марки 65 или смеси церезина 65 (45±5%) и парафина марки Т (55±5%). Применяют для изготовления мастик, свечей, пропитки бумаги и других целей.

Характеристики церезинов и церезиновой композиции приведены в табл. 12.3.

Вазелины

Представляют собой смеси жидких и твердых углеводородов, получаемые сплавлением церезина, парафина, петролатума или их смесей с нефтяным маслом или парафинистым дистиллятом. Применяют в медицине, ветеринарии и электротехнике.

По внешнему виду вазелины представляют собой однородные мазеобразные вещества со следующими особенностями: медицинский — от белого до желтого цвета, без запаха, тянется нитями; ветеринарный — от белого до светло-коричневого цвета, без комков; конденсаторный — от белого до светло-желтого цвета. Характеристики вазелинов приведены в табл. 12.4.

Вазелин медицинский (ГОСТ 3582—84) получают на основе церезина, парафина, петролатума или их смесей с нефтяным маслом. Все компоненты очищают серной кислотой и отбеливающей глиной. Применяют в чистом виде для предохранения от коррозии хирургических инструментов, а также в качестве составной части кремов, паст, мазей для кожи, гримов, помад.

Вазелин ветеринарный (ГОСТ 13037—84) — глубокоочищенный продукт, получаемый сплавлением в любых соотношениях церезина, парафина, петролатума и нефтяных масел. Предназначен для смазывания вымени, искусственного осеменения животных.

Вазелин конденсаторный (ГОСТ 5775—76) применяют для пропитки и заливки конденсаторов, в связи с этим нормируются его электроизоляционные характеристики, удельное объемное электрическое сопротивление при 100 °С — ⩾$1 \cdot 10^{12}$ Ом·см, электрическая прочность при 50 Гц и 20 °С — 200 кВ/см, тангенс угла диэлектрических потерь при 1000 Гц и 100 °С — ⩽0,002.

Кроме парафинов, церезинов и вазелинов, к числу товарных нефтепродуктов на базе твердых углеводородов относятся

Таблица 12.4. Характеристики вазелинов

Показатель	Медицинский	Ветеринарный	Конденсаторный
Вязкость при 60 °С, не менее:			
кинематическая, мм²/с	16	—	28
условная, °ВУ	2,5	—	3,95
Температура каплепадения, °С	37	37—50	⩾50
Содержание водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей воды, жиров и смол, соединений серы	Отсутствие		
Зольность, %, не более	0,020	0,015	0,004
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,10	0,10	0,05
Цвет, ед. ЦНТ, не более	—	—	2,5

петролатумы, композиция озокеритовая и мягчитель ПП для резины.

Петролатумы (ОСТ 38 01117—76) получают при депарафинизации остаточных масел сернокислотной или селективной очистки. Используют как сырье для получения церезина, являются компонентами смазок, вазелинов и изоляционных масс. Вырабатывают трех марок в зависимости от способа очистки и сырья: ПК — сернокислотной очистки, ПС — селективной, ПСс — селективной из сернистого сырья. Петролатумы — продукты светло-коричневого цвета, с температурой каплепадения не ниже 55 °С и температурой вспышки 230—255 °С.

Композиция озокеритовая (ГОСТ 780—76) представляет собой сплав озокерита (горного воска, прошедшего кислотно-контактную очистку), парафина и церезина. Применяют для пропитки ткани, бумаги, электроизоляционных материалов, в производстве резиновых технических изделий и др.

Мягчитель ПП для резины (ГОСТ 13108—67) получают сплавлением парафина и петролатума и применяют в кабельной промышленности.

Характеристики композиции и мягчителя:

Композиция озокеритовая

Температура каплепадения, °С	⩾64
Глубина проникания иглы (25 °С, 9,8 мН), 0,1 мм	⩽40
Содержание механических примесей, %	⩽2
Вода и водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие

Мягчитель ПП

Вязкость при 70 °С, мм²/с	8—16
Температура каплепадения, °С	⩾45
Содержание, %, не более:	
серы	0,6
механических примесей	0,08
золы	0,08
Кислотное число, мг КОН/г	⩽0,28
Вода и водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствие

Коксы нефтяные

Коксы нефтяные (углерод нефтяного происхождения) по внешнему виду представляют собой пористую твердую массу от темно-серого до черного цвета. Состоят из высокомолекулярных тугоплавких и высокоароматизированных углеводородов с незначительным содержанием водорода и органических солей. По способу получения их подразделяют на: коксы замедленного коксования (КЗ0, КЗ8), получаемые из остаточных продуктов переработки нефти, и коксы нефтяные малосернистые, получаемые при коксовании в кубах тяжелых продуктов пиролиза, гудронов и крекинг-остатков (КНПС, КНПЭ, КНКЭ).

В соответствии с ГОСТ 22898—78 вырабатывают следующие марки коксов:

КНПС — нефтяной пиролизный специальный, для изготовления конструкционных углеродистых материалов;

КНПЭ — **нефтяной пиролизный электродный, используемый в алюминиевой промышленности для изготовления анодной массы, а также для производства анодов, подовых блоков и электродов;**

КНКЭ — нефтяной крекинговый электродный, предназначен для изготовления электродов;

КЗ8 — для алюминиевой и электродной промышленности, куски размером >8 (до 250 мм);

КЗ0 — коксовая мелочь для производства абразивов и другой продукции, куски размером 0—8 мм.

Кокс нефтяной бытового потребления (ТУ 38 1319—69) представляет собой фракцию размером <25 мм; вырабатывают на установке замедленного коксования из остаточных продуктов переработки сернистых и высокосернистых нефтей. Используют в качестве топлива.

Характеристики нефтяных коксов приведены в табл. 12.5.

Битумы

Битумы — смесь высокомолекулярных углеводородов и асфальтено-смолистых веществ, содержащих соединения серы, кислорода и азота. Наличие в составе битумов асфальтенов, смол и углеводородов обеспечивает те или иные эксплуатационные

*Таблица 12.5. Характеристики коксов нефтяных**

Показатель	КНПС	КНПЭ	КНКЭ	КЗ8	КЗ0	Кокс бытового потребления
Выход летучих веществ, %, не более	7	6,5/6,0	7	9	11,5	15
Зольность, %, не более	0,15/0,30	0,3/0,2	0,5/0,4	0,6	0,8	1,0
Содержание серы, %, не более	0,2/0,4	1,0/0,7	1,0	1,5	1,5	4,7
Массовая доля мелочи, %, не более:						
куски размером <25 мм	4	4	4/—	—	—	—
куски размером <8 мм	—	—	—/8	10	—	—
Плотность после прокаливания (1300 °С, 5 ч), г/см³	2,04—2,08	2,08—2,13 / 2,10—2,13	2,10—2,13	2,08—2,13	—	—
Истираемость, %, не более	—	13/7	7/—	—	—	—

* Данные через дробь показатели соответствуют: числитель — высшей категории качества, знаменатель — первой.

свойства: асфальтены придают твердость и высокую температуру размягчения, смолы повышают способность к цементации и эластичность, а углеводороды являются разжижающей средой, в которой растворяются смолы и набухают асфальтены.

Качество битумов определяется сочетанием твердости (глубина проникания иглы), вязкости, растяжимости (дуктильности), температуры размягчения, водостойкости и др. Лучшими считаются битумы, имеющие большую растяжимость, которая характеризует эластичность битума, его способность работать на изгиб и цементирующую способность. Поведение битумов при низких температурах оценивают по глубине проникания иглы при 0 °С, растяжимости при 0 °С и температуре хрупкости. Водостойкость характеризуется сцеплением битума с мрамором или песком и содержанием водорастворимых соединений. На эксплуатационные свойства битума отрицательно влияет повышенное содержание нерастворимых веществ органического (карбены, карбоиды) и неорганического (земля, глина и др.) происхождения. Битумы вторичного происхождения (из крекинг-остатков), содержащие карбены и карбоиды, уступают битумам из продуктов прямой перегонки по цементирующим свойствам, имеют пониженную растяжимость. Потеря массы и глубина проникания иглы в остаток, образующийся после определения потери массы, характеризуют наличие в битуме летучих компонентов и позволяют оценить стабильность свойств продукта в ходе эксплуатации (старение битума во времени). Температура вспышки зависит от содержания в битуме легкоиспаряющихся компонентов и является показателем пожарной безопасности при его использовании.

Нефтяные битумы производят из остатков от перегонки смолистых нефтей, крекинга и очистки масел в основном тремя способами: глубокой вакуумной концентрацией нефтяных остатков, выделением асфальтов при деасфальтизации нефтяных остатков (гудронов), окислением воздухом при высокой температуре остатков от переработки нефти (гудронов, крекинг-остатков, экстрактов, асфальтов после деасфальтизации масляного сырья и др.). Битумы, вырабатываемые первыми двумя способами, называют остаточными, последним — окисленными.

Окисленные битумы более эластичны и твердостойки, чем остаточные, из-за наличия в них большего количества продуктов окисления и полимеризации — смол и асфальтенов. При одинаковой температуре размягчения окисленные битумы мягче остаточных (глубина проникания иглы больше), но при одинаковой глубине проникания иглы температура размягчения окисленного битума значительно выше. При равных температурах размягчения, содержания летучих и одинаковом сырье окисленные битумы обладают большей атмосферостойкостью, чем остаточные.

Ассортимент вырабатываемых битумов в зависимости от областей применения включает битумы дорожные, строительные, специальные и высокоплавкие.

Дорожные битумы используют для строительства и ремонта дорожных и аэродорожных покрытий. Они должны сохранять комплекс упруговязких и прочностных характеристик в широком интервале температур, обеспечивать прочное и устойчивое сцепление с поверхностью минеральных материалов, в смеси с которыми их употребляют, сохранять первоначальные свойства в период длительности эксплуатации. Дорожные битумы подразделяют на вязкие и жидкие.

Вязкие битумы (ГОСТ 22245—76) выпускают 9 марок серии БНД и БН, различающиеся свойствами и условиями применения. Характеристики вязких дорожных битумов приведены в табл. 12.6. Битумы серии БНД отличаются от аналогичных битумов серии БН тем, что у первых нормируются низкотемпературные свойства и содержание водорастворимых соединений. Битумы можно изготовлять с поверхностно-активными веществами и без них. В битумы добавляют катионоактивные (высокомолекулярные амины и диамины) и анионоактивные ПАВ (высокомолекулярные карбоновые кислоты и мыла тяжелых и щелочноземельных металлов этих кислот). Для битумов с ПАВ к марке продукта добавляют индекс «п», например, $БНД_п$ 200/300).

БНД 200/300 — для поверхностной обработки покрытий в районах с холодным климатом, а также для приготовления теплых асфальтобетонных и битумоминеральных щебеночных гравийных смесей.

БНД 130/200 — для поверхностной обработки покрытий в районах с умеренным климатом, для пропитки щебеночных покрытий в районах с холодным и умеренным климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумоминеральных смесей в районах с холодным климатом.

БНД 90/130 — для пропитки дорожных щебеночных покрытий в районах с умеренным климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумоминеральных смесей в районах с умеренным климатом, для поверхностной обработки покрытий в районах с теплым климатом.

БНД 60/90 — для пропитки дорожных покрытий в районах с теплым климатом, для приготовления горячих асфальтобетонных и битумоминеральных смесей в районах с теплым климатом.

БНД 40/60 — для приготовления асфальтобетонных и битумоминеральных смесей в районах с летними температурами >30 °С.

Жидкие дорожные битумы (ГОСТ 11955—82) применяют в качестве вяжущего материала при строительстве дорожных

Таблица 12.6. Характеристики вязких дорожных битумов

Показатель	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
Глубина проникания иглы в битум, 0,1 мм:									
при 25 °С	201—300	131—200	91—130	61—90	40—60	201—300	131—200	91—130	61—90
при 0 °С	45	35	28	20	13	—	—	—	—
Температура, °С:									
размягчения, не ниже	35	39	43	47	51	33	37	40	45
то же, после прогрева, не выше	—20	—18	—17	—15	—10	—	—	—	—
хрупкости, не выше	8	7	6	6	6	8	7	6	6
вспышки, не ниже	200	220	220	220	220	200	220	220	220
Растяжимость, см, не менее:									
при 25 °С	—	65	60	50	40	—	70	60	50
при 0 °С	20	6	4,2	3,5	—	—	—	—	—
Испытание на сцепление с мрамором или песком	Выдерживает по контрольному образцу № 2					—	—	—	—
Содержание водорастворимых соединений, %, не более	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	—	—	—	—
Индекс пенетрации	+1	—	—1	—1	—1	+1	—	—1,5	—1,5

покрытий, оснований и для других целей. В зависимости от скорости формирования структуры их подразделяют на два класса:

СГ — густеющие со средней скоростью, получаемые разжижением вязких дорожных битумов жидкими нефтепродуктами и предназначенные для строительства капитальных и облегченных дорожных покрытий, а также для устройства их оснований во всех дорожно-климатических зонах страны;

МГ — медленногустеющие, получаемые разжижением вязких дорожных битумов жидкими нефтепродуктами и получаемые из остаточных или частично окисленных нефтепродуктов или их смесей (МГО), предназначенные для получения холодного асфальтобетона, а также для строительства дорожных покрытий облегченного типа и оснований в II—V дорожно-климатических зонах и других целей.

В зависимости от класса и вязкости устанавливают следующие марки жидких битумов: СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200; МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200; МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200. Характеристики жидких дорожных битумов приведены в табл. 12.7.

Для получения разжиженых битумов используют вязкие дорожные битумы с глубиной проникновения иглы не более 90·0,1 мм.

Таблица 12.7. Характеристики жидких дорожных битумов

Показатель	МГ 130/200	МГО 40/70	МГО 70/130*	МГО 130/200	СГ 40/70	СГ 70/130	СГ 130/200	МГ 40/70	МГ 70/130
Условная вязкость при 60 °С, °ВУ	131—200	40—70	71—130	131—200	40—70	71—130	131—200	40—70	71—130
Количество испарившегося разжижителя, %, не менее	5	—	—	—	10	8	7	8	7
Температура, °С, не ниже:									
размягчения остатка	30	—	—	—	37	39	39	28	29
вспышки в открытом тигле	110	120	160	180	45	50	60	100	110
Испытание на сцепление с мрамором или с песком	Выдерживает с контрольным образцом № 2								

* Для битумов, вырабатываемых из бакинских нефтей, температура вспышки допускается не ниже 140 °С.

Таблица 12.8. Характеристики строительных битумов

Показатель	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10	БНК-45/160	БНК-45/190*	БНК-90/40	БНК-90/30	БНИ-IV-3	БНИ-IV	БНИ-V
Глубина проникания иглы, 0,1 мм:										
в битум при 25 °С	41—60	21—40	5—20	140—220	160—220	35—45	25—35	30—50	25—40	20—40
то же, при 0 °С	—	—	—	—	—	—	—	15	12	9
в остаток после прогрева (25 °С), % от начальной величины, не менее	—	—	—	55	60	70	70	—	—	—
Температура, °С:										
размягчения	⩾50	70	90	40—50	40—50	85—95	85—95	65—75	75—85	90—100
вспышки, не ниже	220	230	240	240	240	240	240	250	250	240
хрупкости, не выше	—	—	—	—	—	—20	—10	—	—	—
Растяжимость при 25 °С, не менее	40	3	1	—	—	—	—	4	3	2
Растворимость в бензоле или хлороформе, %, не менее	99	99	99	99	99,5	99	99	—	—	—
Изменение массы при нагревании, %, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Содержание, %, не более:										
водорастворимых соединений	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
парафина	—	—	—	—	5	—	—	4	—	—
воды	—	—	—	Следы	Следы	—		Следы	Следы	
Водонасыщенность за 24 ч, %, не более	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,1

* Высшей категории качества.

Фракционный состав нефтепродуктов, применяемых в качестве разжижителей битумов классов СГ и МП:

	СГ	МГ
Температура начала кипения, °С, не ниже	145	—
Фракционный состав, °С, не выше:		
50% (об.)	215	280
96% (об.)	300	360

Для обеспечения сцепления с мрамором или песком в жидкие битумы можно вводить анионные или катионные ПАВ.

Строительные нефтяные битумы вырабатывают трех типов: строительные, кровельные и изоляционные. Характеристики битумов приведены в табл. 12.8.

Битумы нефтяные строительные (ГОСТ 6617—76) применяют для строительных работ в различных отраслях народного хозяйства. Получают окислением остаточных продуктов прямой перегонки нефти и их смесей с асфальтами и экстрактами масляного производства. Допускается получать их компаундированием окисленных и неокисленных указанных выше продуктов. Строительные нефтяные битумы выпускают следующих марок:

БН 50/50 — для различных объектов строительства, в том числе в гидротехнических сооружениях;

БН 70/30 — в кровельном деле для изготовления склеивающих масс, в гидротехнике для получения стыковых масс при укладке труб в землю, при изготовлении покрытий для трубопроводов;

БН 90/10 — для покрытия картона и производства рубероида, для обновления старых рубероидных и толевых кровель, для электроизоляции трубопроводов.

Битумы нефтяные кровельные (ГОСТ 9548—74) в основном используют при производстве рубероида и для пропитки картона, а также в кровельно-гидроизоляционном производстве. Вырабатывают следующие марки: БНК-45/180 — для пропитки, БНК-45/190 — для пропитки и получения покровного битума, БНК-90/40, БНК-90/30 — для покровного слоя.

Битумы нефтяные изоляционные (ГОСТ 9812—74) предназначены для изоляции трубопроводов от грунтовой коррозии. Получают окислением остаточных продуктов прямой перегонки нефти или их смесей с асфальтами и экстрактами масляного производства. Применение продуктов крекинга не допускается, что обусловлено повышенными требованиями к теплостойкости этих битумов, пластичности их при низких температурах, водостойкости, структурной прочности и силе сцепления с металлом.

Выпускают три марки битумов для различных условий применения: БНИ-IV-3, БНИ-IV, БНИ-V.

Битумы нефтяные специальные применяют для изготовления лакокрасочных продуктов, заливочных аккумуляторных мастик, а также в радиотехнической промышленности.

Битум для лакокрасочных покрытий (ГОСТ 21822—76) получают окислением тяжелых остатков атмосферно-вакуумной перегонки высокосмолистых нефтей. Применяют в лакокрасочной, шинной, электротехнической и других отраслях промышленности. Вырабатывают трех марок: Б, В, Г, которые различаются температурой размягчения, глубиной проникания иглы и температурой вспышки.

Эти битумы должны обладать дополнительными качествами, обусловленными областью применения: высокими диэлектрическими свойствами, способностью образовывать лаки с определенными растворителями, низким содержанием нерастворимых в горячем бензоле веществ и золы для гарантии чистоты битума. Температура размягчения и глубина проникания иглы характеризуют возможность получения лаковой пленки достаточной прочности и тугоплавкости. Растворимость в льняном масле гарантирует образование лаковой пленки соответствующей толщины. По кислотному числу оценивают возможность коррозии металлических поверхностей, покрытых пленкой лака на основе битума.

Таблица 12.9. Характеристики битумов для лакокрасочных покрытий

Показатель	Марка		
	Б	В	Г
Внешний вид	Твердое вещество черного цвета		
Температура размягчения по КиШ, °С	100—110	110—125	125—135
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм, не более	11	8	5
Содержание веществ, нерастворимых в горячем бензоле, %, не более	0,15	0,15	0,15
Зольность, %, не более	0,20	0,20	0,20
Температура вспышки, °С, не ниже	240	250	260
Растворимость битума в льняном масле и смеси битума с льняным маслом в уайт-спирите	Полная		
Вязкость условная, °ВУ*, не более	18	18	18
Качество пленки лака:			
блеск и гладкость	Соответствует типовому образцу		
сальность	Отсутствие		
Кислотное число, мг КОН/г, не более	2,0	2,0	2,0
Содержание воды	Следы		

* Определяют для смеси битума с льняным маслом в уайт-спирите при 50 °С непосредственно после изготовления и выдерживания в течение 24 ч в закрытом сосуде.

Таблица 12.10. Характеристика битума для заливочных аккумуляторных мастик

Показатель	Норма	Показатель	Норма
Температура размягчения по КиШ, °С	105—115	Изменение массы после прогрева, %	⩽0,5
Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	10—16	Температура вспышки, °С	⩾260
Растяжимость при 25 °С, см	⩾1	Содержание водорастворимых соединений, %	⩽0,3
Растворимость в бензоле или хлороформе, %	⩾99,5	Индекс пенетрации	⩾+4
		Содержание воды	Отсутствие

Характеристики битумов приведены в табл. 12.9.

Битум для заливочных аккумуляторных мастик (ГОСТ 8771—76) получают окислением остатков атмосферно-вакуумной перегонки нефтей. Особым свойством битума (по условиям применения) является хорошая сплавляемость с трансформаторными и авиационным маслами. Битум должен обладать: кислотостойкостью, механической прочностью, тепло- и морозостойкостью, хорошими диэлектрическими свойствами, необходимой для прессования пластичностью в нагретом состоянии и достаточной текучестью для заполнения деталей пресс-формы.

Характеристика битума приведена в табл. 12.10.

Битумы нефтяные высокоплавкие мягчители (ГОСТ 781—78) — продукты твердой консистенции, образующиеся в результате окисления остатка от перегонки нефти — гудрона, содержащего щелочь. Присутствие щелочи в процессе окисления обеспечивает получение битумов со специфическими свойствами: эластичностью, мягкостью и мазеобразной консистенцией при высокой температуре размягчения. Применяют в резинотехнической, шинной и других отраслях промышленности. Вырабатывают двух марок и двух категорий качества:

А-30 — для резино-технической, обувной и других отраслей промышленности,

А-10 — для шинной промышленности.

Применяют высокоплавкие битумы также в строительстве в качестве компонентов морозостойких замазок для стыков труб и в металлургии для смазывания горячих шеек валков прокатных станов. Характеристики высокоплавких битумов приведены в табл. 12.11.

Кислоты нефтяные

Кислоты нефтяные получают при очистке светлых и масляных дистиллятов и применяют в качестве эмульгатора, присадки, растворителя различных смол и анилиновых красителей. В за-

Таблица 12.11. Характеристики битумов нефтяных высокоплавких мягчителей

Показатель	А-30, категории качества		А-10, категории качества	
	высшей	первой	высшей	первой
Температура размягчения, °C	125—135	125—135	125—130	125—135
Глубина проникания иглы при 25 °C, 0,1 мм	30—40	26—40	8—13	5—19
Изменение массы при нагревании (150 °C, 2 ч), %, не более	0,1	0,1	0,1	0,1
Содержание, %, не более:				
золы	0,5	0,5	0,3	0,5
воды	Отсутствие	Следы	Отсутствие	Отсутствие
серы	1	—	2	—
твердых парафинов	2	5	3	5
Растворимость в сероуглероде, хлороформе, бензоле или трихлорэтилене, %, не менее	99	99	99	99

Таблица 12.12. Характеристики нефтяных кислот

Показатель	Дистиллированные нефтяные кислоты	Асидол		Асидол-мылонафт	Мылонафт
		А-1	А-2		
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость			Жидкость от светло- до темно-коричневого цвета	Мазеобразное вещество коричневого цвета
Содержание, %:					
нефтяных кислот, не менее	96	42	50	75	43
минерального масла в пересчете на органические вещества, не более	2,8	57	45	9	9
минеральных солей, не более	—	—	—	1	2
в том числе сульфатов	—	—	—	0,7	1
хлоридов	—	—	—	0,3	1
воды, не более	—	4	3	—	—
Цвет, ед. ЦНТ, не более	3,5	—	—	—	—
Кислотное число, мг КОН/г	230—260	⩽185	⩽210	⩾225	⩾220

висимости от сырья и технологии изготовления в соответствии с ГОСТ 13302—77 устанавливают 4 марки нефтяных кислот. Характеристики этих кислот приведены в табл. 12.12.

Дистиллированные кислоты — продукт вакуумной перегонки нефтяных кислот, выделенных из светлых нефтепродуктов. Применяют в лакокрасочной промышленности в качестве сиккативов — ускорителей высыхания лака.

Технические кислоты (асидолы А-1, А-2) — продукт разложения натриевых солей нефтяных кислот, полученных при очистке масляных дистиллятов или на базе остатка от дистилляции нефтяных кислот, выделенных из светлых нефтепродуктов. Применяют в качестве эмульгаторов для образования стойких эмульсий, для пропитки шпал с целью предохранения их от гниения, в качестве растворителя различных смол и анилиновых красителей, как сиккативы и т. д.

Асидол-мылонафт — смесь нефтяных кислот и их натриевых солей, получаемая при неполном разложении натриевых солей нефтяных кислот серной кислотой. Применяют в мыловаренном производстве, в текстильной, кожевенной и других отраслях промышленности наряду с мылонафтом.

Мылонафт — натриевые соли нефтяных кислот. Применяют в качестве заменителя жиров при изготовлении мыла, в текстильной промышленности при крашении, в качестве инсектицида и фунгицида, в кожевенной промышленности, в качестве эмульгатора водных эмульсий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Аксенов А. Ф. Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости. М.: Транспорт, 1970. 253 с.

Бадыштова К. М., Чесноков А. А., Иванкина Э. Б. Современные индустриальные масла для промышленного оборудования. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1974. 75 с.

Бадыштова К. М., Чесноков А. А., Косова В. А. и др./Химическое и нефтяное машиностроение, М.: Машиностроение. 1982. № 3. С. 41—42.

Бендеров Д. И., Походенко Н. Т., Брондз Б. И. Процесс замедленного коксования в необогреваемых камерах. М.: Химия, 1976. 264 с.

Бердичевский Е. Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 224 с.

Богданова Т. И., Шехтер Ю. Н. Ингибированные нефтяные составы для защиты от коррозии. М.: Химия, 1984. 248 с.

Бонер К. Д. Производство и применение консистентных смазок: Пер. с англ./Под ред. В. В. Синицына. М.: Гостоптехиздат, 1958. 703 с.

Ваванов В. В., Вайншток В. В., Гуреев А. А. Автомобильные пластичные смазки. М.: Транспорт, 1966. 144 с.

Виленкин А. В. Масла для шестеренчатых передач. М.: Химия, 1982. 248 с.

Виноградова И. Э. Противоизносные присадки к маслам. М.: Химия, 1972. 272 с.

Виппер А. Б., Виленкин А. В., Гайснер Д. А. Зарубежные масла и присадки: Справочник. М.: Химия, 1981. 192 с.

Григорьев М. А., Бунаков Б. М., Долецкий В. А. Качество моторного масла и надежность двигателей. М.: Издательство стандартов, 1986. 231 с.

Гуреев А. А., Камфер Г. М. Испаряемость топлив для поршевых двигателей. М.: Химия, 1982. 264 с.
Гун Р. Б. Нефтяные битумы. М.: Химия, 1973. 430 с.
Заславский Ю. С., Заславский Р. Н. Механизм действия противоизносных присадок к маслам. М.: Химия, 1978. 224 с.
Итинская Н. И., Кузнецов Н. А. Автотракторные эксплуатационные материалы. М.: Высшая школа, 1981. 284 с.
Итинская Н. И., Кузнецов Н. А. Справочник по топливу, маслам и технологическим жидкостям. М.: Колос, 1982. 315 с.
Ищук Ю. Л. Технология пластичных смазок. Киев: Наукова думка, 1986. 248 с.
Каталог взаимозаменяемости моторных масел, вырабатываемых в странах — членах СЭВ и СФРЮ. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1982. 71 с.
Калайтан Е. Н. Смазочные масла для реактивных двигателей. М.: Химия, 1968. 194 с.
Каплан С. З., Радзевенчук И. Ф. Вязкостные присадки и загущенные масла. Л.: Химия, 1982. 136 с.
Климов К. И.//Производство и улучшение качества пластичных смазок. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1970. С. 53—59.
Кондаков Л. А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. М.: Машиностроение, 1982. 216 с.
Консистентные смазки/Д. С. Величковский, В. Н. Поддубный, В. В. Вайншток, Б. Д. Готовкин. М.: Химия, 1966. 256 с.
Кремнийорганические продукты, выпускаемые в СССР. Каталог-справочник. М.: Химия, 1970. 51 с.
Кужаров А. С., Онищук Н. Ю. Свойства и применение металлоплакирующих смазок. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1985. 58 с.
Кулиев А. М., Кулиев Р. Т., Антонова К. И. Нафтеновые кислоты. М.: Химия, 1965. 120 с.
Кулиев А. М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. Л.: Химия, 1985. 312 с.
Маскалев А. К., Лебедев Е. В., Дубровский Ю. С. Базовый ассортимент смазочно-охлаждающих технологических сред для обработки материалов резанием. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1986. 52 с.
Минутенок Ю. А., Шкаренко В. А., Резников В. Д. Смазочные системы дизелей. Л.: Машиностроение, 1986. 125 с.
Меркурьев Г. Д., Елисеев Л. С. Смазочные материалы на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1985. 256 с.
Никифоров О. А., Данилова Е. В. Рациональное использование моторных масел в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1986. 96 с.
Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение/Под ред. М. В. Соболевского. М.: Химия, 1985. 263 с.
Павлов В. П., Заскалько П. П. Автомобильные эксплуатационные материалы. М.: Транспорт, 1982. 208 с.
Папок К. К. Химмотология топлив и смазочных масел. М.: Воениздат, 1987. 192 с.
Певзнер Л. А., Резников В. Д. Современные масла для судовых дизелей. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1980. 65 с.
Переверзев А. Н., Богданов Н. Ф., Рощин Ю. Н. Производство парафинов. М.: Химия, 1973. 224 с.
Пискунов В. А. и др. Химмотология в гражданской авиации: Справочник. М.: Транспорт, 1983. 248 с.
Пожаробезопасные технические моющие средства: Каталог/Сост.: Н. К. Гетманский, А. И. Шеголь-Алимова, Б. И. Иванов и др. М.: Машиностроение, 1982. 32 с.
Потанина В. А., Марчева Е. Н., Богданов Ш. К. Качество и технология производства белых масел. Тематический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1981. 41 с.
Присадки к маслам/Под ред. С. Э. Крейна, П. И. Санина, Е. А. Эминова,

А. П. Голованова//Труды второго Всесоюзного научно-технического совещания. М.: Химия, 1968. 348 с.
Редукторы и мотор-редукторы червячные, общего назначения. Марки масел и условия их применения: Руководящий материал. М.: Минстанкопром. 1979. 62 с.
Резников В. Д., Кондратьев В. М. Расход моторных масел в двигателях. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983. 53 с.
Реологические и теплофизические свойства пластичных смазок/Под ред. Г. Б. Фройштетер, К. К. Трилисский, Ю. Л. Ищук, П. М. Ступак. М.: Химия, 1980. 176 с.
Розенберг Ю. А. Влияние смазочных масел на надежность и долговечность машин. М.: Машиностроение, 1970. 312 с.
Руководящие указания по применению смазочных материалов для прокатного оборудования предприятий черной металлургии СССР. М.: Центроэнергочермет, 1978. 75 с.
Свиридов Ю. Б., Малявинский Л. В., Вихерт М. М. Топливо и топливоподача автотракторных дизелей. Л.: Машиностроение, 1979. 248 с.
Синицын В. В. Пластичные смазки в СССР. 2-е изд., пер. и доп. М.: Химия, 1984. 190 с.
Синицын В. В. Подбор и применение пластичных смазок. 2-е изд., пер. и доп. М.: Химия, 1974. 416 с.
Смазочные масла советского и зарубежного производства. М.: В/О «Союзнефтеэкспорт», Внешторгиздат, 1982. 236 с.
Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник/Под ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.
Справочник нефтепереработчика/Под ред. Г. А. Ластовкина, Е. Д. Радченко, М. Г. Рудина. Л.: Химия, 1986. 648 с.
Справочник по обработке металлов резанием/Ф. Н. Абрамов, В. В. Коваленко, В. Е. Любимов и др. Киев: Техника, 1983. 239 с.
Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов/Под ред. Е. А. Эминова. Книга 1 и 2. М.: Химия, 4-е изд. 1977. 768 с.
Средства защиты рабочих на машиностроительных предприятиях/ /М. Е. Пуцков, В. Н. Андрасенов, М. Л. Брайнина и др. М.: Машиностроение, 1983. 111 с.
Сюняев З. И. Производство, облагораживание и применение нефтяного кокса. М.: Химия, 1973. 296 с.
Тенденции в применении присадок/Т. У. Мастин, С. В. Смолхир/Качество моторных и реактивных топлив, масел и присадок. По материалам VII мирового конгресса в Мексике. М.: Химия, 1970. С. 123—125.
Теоретические основы химмотологии/Под ред. А. А. Браткова. М.: Химия, 1984. 320 с.
Трение, изнашивание и смазка: Справочник/Под ред. И. В. Крагельского. В. И. Алисина. Книга 1 и 2. М.: Машиностроение, 1978. 757 с.
Трилисский К. К., Ищук Ю. Л./Оценка тиксотропных превращений структур в пластичных смазках по их реологическим характеристикам//Нефтепереработка и нефтехимия. Киев: Наукова думка. 1986. Вып. 30. С. 20—26.
Фукс И. Г. Добавки к пластичным смазкам. М.: Химия, 1982. 248 с.
Хаттон Р. Е. Жидкости для гидравлических систем/Под ред. В. В. Вайнштока. М. — Л.: Химия, 1965. 364 с.
Чередниченко Г. И., Фройштетер Г. Б., Ступак П. М. Физикохимические и теплофизические свойства смазочных материалов. М.: Химия, 1986. 224 с.
Шехтер Ю. Н., Крейн С. Э., Тетерина Л. Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. М.: Химия. 1978. 304 с.
Шехтер Ю. Н., Школьников В. М., Богданова Т. И., Милованов В. Д. Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия. 1979. 256 с.
Школьников В. М., Шехтер Ю. Н., Фуфаев А. А. и др. Масла и составы против износа автомобилей. М.: Химия, 1988. 35 с.
Энглин Б. А. Применение жидких топлив при низких температурах. М.: Химия, 1980. 208 с.

УКАЗАТЕЛЬ МАРОК

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ТОПЛИВА, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ
АССОРТИМЕНТ И ПРИМЕНЕНИЕ

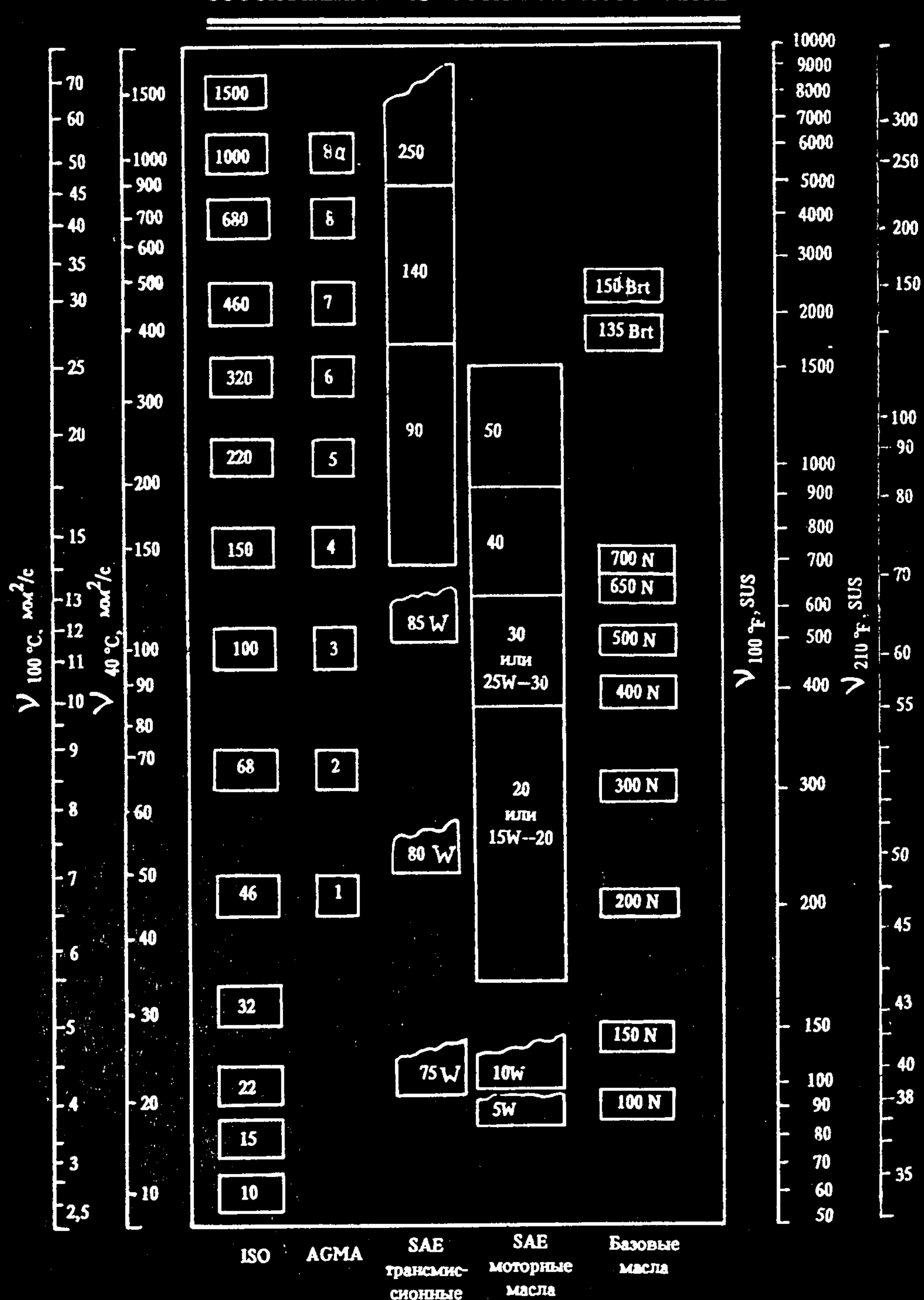
Редактор И. А. Захарьянц
Художник Н. В. Носов
Художественный редактор К. К. Федоров
Технические редакторы В. М. Скитина, С. Ю. Титова
Корректор Н. А. Иванова

ИБ № 2263

Сдано в наб. 04.11.88. Подп. в печать 08.06.89. Т-10460. Формат бумаги 60×88 1/16. Бумага офс. № 2. Печать офсетная. Гарнитура литературная. Усл. печ. л. 26,46. Усл. кр.-отт. 26,71. Уч.-изд. л. 31,39. Тираж 28 000 экз. Заказ. № 664. Цена 1 р. 90 к.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия», 107076, Москва, Стромынка, 21, корп. 2.
Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113105, Москва, Нагатинская ул., д. 1.

СООТНОШЕНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ КЛАССОВ МАСЕЛ



СООТВЕТСТВИЕ УРОВНЯ СВОЙСТВ МАСЕЛ ЗАРУБЕЖНЫМ КЛАССИФИКАЦИЯМ

Моторные масла

СССР	API
А	SB
Б	SC/CA
Б1	SC
Б2	CA
В	SD/CB
В1	SD
В2	CB
Г	SE/CC
Г1	SE
Г2	CC
Д	CD

Трансмиссионные масла

СССР	API
ТМ-1	GL-1
ТМ-2	GL-2
ТМ-3	GL-3
ТМ-4	GL-4
ТМ-5	GL-5

Гидравлические масла

СССР	ISO 6074/4
А	HH
Б	HL
В	HM
В с загущающей присадкой	HV